

rijksuniversiteit gent

Prof. Dr. W. DE BREUCK

laboratorium voor
toegepaste geologie
en hydrogeologie



LTG

geologisch instituut S8
krijgslaan 281
B-9000 gent

telefoon 091-22.57.15

86/66

HYDROGEOLOGISCHE STUDIE
VAN HET PROVINCIAAL DOMEIN
ZILVERMEER EN OMGEVING
TE MOL MET BETREKKING TOT
EEN MOGELIJKE VERONTREINIGING
VAN HET GRONDWATER DOOR DE
GEMEENTELIJKE STORTPLAATS
(Postelse Steenweg)

DEEL III : MATEMATISCH MODEL



geologisch instituut S8
krijgslaan 281
B-9000 gent

telefoon 091-22.57.15



PROVINCIEBESTUUR
VAN
ANTWERPEN

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK

Verslag : Lic. M. BUYSSE
Dr. L. LEBBE
Lic. M. MAHAUDEN
Lic. M. VAN CAMP

Onderzoek : TGO 86/66

Datum : maart 1988

INHOUDSTAFEL

Lijst der figuren

Lijst der tabellen

1. Inleiding	1
2. Simulatie van de evolutie van de grondwaterstroming en -kwaliteit met behulp van een mathematisch model	2
2.1. Algemeen	2
2.2. Aangewend mathematisch model	3
2.3. Toepassing op het stort te Mol	4
2.4. Het horizontaal model	5
2.4.1. Algemeen	5
2.4.2. Modelgebied - randvoorwaarden - ingevoerde gegevens	5
2.4.3. Resultaten van de simulatie in het horizontaal model	11
2.4.3.1. Voorstelling van de resultaten	11
2.4.3.2. Bespreking	11
2.4.3.3. Beperkingen van het horizontaal model	12
2.5. Vertikaal model	22
2.5.1. Algemeen	22
2.5.2. Plaatsbepaling en diepte van de verticale doorsnede	22
2.5.3. Het diep vertikaal model	23
2.5.4. Het ondiep vertikaal model	29
2.5.4.1. Ingevoerde gegevens - randvoorwaarden	29
2.5.4.2. Resultaten van de simulatie	33
2.5.4.3. Beperkingen van het vertikaal model	34
2.5.4.4. Benaderende berekening van de hoeveelheid verontreiniging die tot op heden (september 1987) in de zeilvijver is gestroomd.	37
3. Besluit	38
Referenties	40

LIJST DER FIGUREN

- Figuur 1 : Ligging van het horizontaal modelgebied en de verticale doorsnede.
- Figuur 2 : Het horizontaal model, ingevoerde gegevens.
- Figuur 3 : Het horizontaal model, toestand na 2,5 jaar (juni 1966).
- Figuur 4 : Het horizontaal model, toestand na 6,25 jaar (maart 1970).
- Figuur 5 : Het horizontaal model, toestand na 8,75 jaar (september 1972).
- Figuur 6 : Het horizontaal model, toestand na 15 jaar (december 1978).
- Figuur 7 : Het horizontaal model, toestand na 21,25 jaar (maart 1985).
- Figuur 8 : Het horizontaal model, toestand na 26,25 jaar (maart 1990).
- Figuur 9 : Het horizontaal model, toestand na 31,25 jaar (maart 1995).
- Figuur 10 : Het horizontaal model, toestand na 36,25 jaar (maart 2000).
- Figuur 11 : Schematisatie van het diep vertikaal model, ingevoerde gegevens.
- Figuur 12 : Het diep vertikaal model, periode december 1963-juni 1981.
- Figuur 13 : Het diep vertikaal model, periode maart 1990-maart 1995.
- Figuur 14 : Het diep vertikaal model, periode maart 1995-maart 2000.
- Figuur 15 : Het ondiep vertikaal model, ingevoerde gegevens en randvoorwaarden.
- Figuur 16 : Het ondiep vertikaal model, ingevoerde hydraulische parameters.

Figuur 17 : Het ondiep vertikaal model, simulatie periode december 1963 - maart 1985.

Figuur 18 : Het ondiep vertikaal model, simulatie periode maart 1985 - maart 2000.

LIJST DER TABELLEN

Tabel 1 : Simulatie van het horizontaal model, indeling in tijdsperiodes en ingevoerde gegevens.

Tabel 2 : Simulatie van het ondiep vertikaal model, indeling in tijdsperiodes en de bijhorende wijzigingen.

1. INLEIDING

Op 21 april 1987 werd het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie (L.T.G.) aangezocht door het Provinciebestuur van Antwerpen om een hydrogeologische studie uit te voeren van het Provinciaal Domein Zilvermeer en omgeving, dit met betrekking tot een mogelijke verontreiniging vanuit de nabijgelegen gemeentelijke stortplaats.

De studie werd aangevangen op 21 april 1987 en duurt 10 maand. In een eerste fase werden de beschikbare gegevens van het gebied geïnventariseerd en verwerkt. In een tweede fase werd aan de hand van bijkomende veldwerkzaamheden een inzicht verkregen in de hydrogeologische situatie en de grondwaterkwaliteit.

Onderhavig verslag bevat de resultaten van de derde onderzoeksfase, namelijk de simulatie van de evolutie van de grondwaterstroming en -kwaliteit met een mathematisch model.

2. SIMULATIE VAN DE EVOLUTIE VAN DE GRONDWATERSTROMING EN -KWALITEIT MET BEHULP VAN EEN MATEMATISCH MODEL

2.1. ALGEMEEN

Een beter inzicht in de evolutie en de ruimtelijke verspreiding van de grondwaterkwaliteit kan verkregen worden via een mathematisch model. Dit berekent, uitgaande van hydraulische parameters en randvoorwaarden, de stijghoogteconfiguratie, het stromingspatroon en de grondwaterkwaliteitsverdeling in het studiegebied.

Een dergelijk model houdt in dat een reeks differentiaalvergelijkingen worden opgelost. Door gebruik te maken van een computer is het mogelijk numerieke oplossings technieken toe te passen.

Het mathematisch model moet zo getrouw mogelijk de werkelijke hydrogeologische toestand weergeven. Het studiegebied wordt hiervoor ingedeeld in een netwerk van cellen. Voor elke cel worden hydraulische parameters ingevoerd. Het gebied wordt begrensd door ondoorlatende grenzen ("no-flow boundaries"). In deze studie werd de voorkeur gegeven aan een twee-dimensionaal kwaliteitsmodel. De simulaties gebeurden in een horizontaal vlak alsook in een vertikaal vlak zodat ook de verticale variaties in het grondwaterreservoir berekend konden worden. Er werd gebruik gemaakt van het model van L.F. KONIKOW & J.D. BREDEHOEFT (1978), dat aan het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie door Dr. L. LEBBE werd aangepast om ook dichtheidsstromingen in rekening te brengen. Het simulatieprogramma is gekoppeld aan een grafisch output-programma dat toelaat berekende waterstijghoogten, snelheden en concentraties voor te stellen. De berekeningen zijn uitgevoerd op het SIEMENS 7570-c bedrijfssysteem van het Centraal Digitaal Rekencentrum van de Rijksuniversiteit Gent.

- In een eerste faze dient het model geijkt te worden. De berekende stijghoogten worden vergeleken met de veldwaarnemingen. De ingevoerde gegevens worden aangepast tot een voldoende overeenstemming is bereikt.
- In een tweede faze wordt dan de evolutie van de grondwaterkwaliteit in ruimte en tijd berekend.

2.2. AANGEWEND MATEMATISCH MODEL

Het numeriek model simuleert het transport van opgeloste stoffen in een grondwaterreservoir. Het berekent de opeenvolgende concentratieveranderingen van een chemisch inerte opgeloste stof. Het programma lost gelijktijdig twee partiële differentiaalvergelijkingen op. Het zijn de grondwaterstromingsvergelijking, waarbij rekening wordt gehouden met de dichtheidsverdeling en de vergelijking die het transport van opgeloste stoffen weergeeft.

De grondwaterstromingsvergelijking wordt afgeleid van de uitgebreide wet van DARCY, waarin de dichtheidsverschillen verwerkt zijn, en van de continuïteitswet. De opgeloste-stoffentransportvergelijking wordt opgelost met de methode van de karakteristieken.

Het matematisch model combineert beide vergelijkingen; het houdt hierbij rekening met :

- dichtheidsveranderingen;
- konvektief transport;
- hydrodynamische dispersie.

De berekeningen geschieden volgens de techniek gekend als "particle tracking". Hierbij volgt men de beweging van een groot aantal waterdeeltjes doorheen het netwerk.

2.3. TOEPASSING OP HET STORT TE MOL

De evolutie van de grondwaterstroming en de grondwaterkwaliteit werd gesimuleerd in een horizontaal en in een vertikaal model. Elke wijziging in het grondwaterstromingspatroon (door uitbreiding of aanleg van zandwinningsputten) of aan de stortplaats (door uitbreiding van de stortzone) werd in het model als dusdanig ingebouwd.

Elke simulatie is opgesplitst in een aantal tijdstappen ten einde een zo precies mogelijke rekonstruktie te bekomen. Elke figuur uit een simulatiereeks stelt de situatie voor op het einde van de desbetreffende tijdstap.

Bij de berekeningen wordt de aanwezigheid van twee primaire waters verondersteld. Het eerste primaire water is het regenwater dat buiten de stortzones door de onverzadigde zone perkoleert (dit is normaal infiltratiewater). Het tweede primaire water is 100% stortporiënwater. Bij de aanvang onderstelt men dat iedere stortplaats gevuld is met 100% stortporiënwater; het grondwaterreservoir daarentegen bevat normaal infiltratiewater.

De plassen, ontstaan door zandwinning worden ingevoerd als vaste stijghoogten.

De berekende grondwaterstromingen resulteren dan uit de gegeven grensvoorwaarden, de hydraulische parameters en de opgegeven dichtheidsverdeling bij aanvang. De dichtheid van 100% stortporiënwater werd gelijkgesteld aan 1,002 (hierbij wordt verondersteld dat de totale mineralisatie van het stortpercolaat = 2 g/l, overeenkomstig geleidbaarheidsmeting in HB4) de dichtheid van normaal infiltratiewater aan 1,000. Teneinde de beweging van de deeltjes in het model te kunnen nagaan dient de werkelijke doorsijpelingsnelheid gekend te zijn.

Hierbij wordt een waterdoorlatende porositeit van 38% aangenomen. De menging van de twee primaire waters bij stroming door de ondergrond is afhankelijk van de longitudinale (d_L) en de transversale dispersiviteit (d_T). De verhouding $\frac{d_L}{d_T}$ wordt konstant op 0,3 gehouden. Er wordt verondersteld dat de longitudinale dispersiviteit 0,03 bedraagt. Deze waarde werd afgeleid uit kalibratie met de waarnemingen op het terrein.

Het model berekent om de 1,25 jaar de grondwaterstroming rekening houdend met de nieuwe dichtheidsverdeling die een gevolg is van de nieuwe kwaliteitsverdeling van de verschillende waters. Hierbij wordt aangenomen dat de dichtheid lineair verandert met het percentage aan stortporiënwater.

Alle resultaten worden voorgesteld in doorsneden waarin de stijghoogten, grondwatersnelheden en de mengingsgraad van de twee primaire waters aangeduid zijn.

De equipotentiaallijnen zijn getekend met een interval van 0,20 m. Ze worden bekomen door een bilineaire interpolatie tussen de stijghoogten in de centra van de cellen.

De grondwatersnelheid wordt weergegeven door een vektor. Voor het vertikaal model wordt deze vektor afgeleid uit de verticale en de horizontale snelheidskomponent. Voor het horizontaal model wordt de vektor afgeleid uit de horizontale snelheidskomponenten in X en Y richting. De lengte van deze componenten wordt bepaald door de snelheid te vermenigvuldigen met een tijdsduur, hier gelijkgesteld aan 0,5 jaar.

De mengingsgraad van de twee primaire waters wordt aangegeven door lijnen van gelijke vermenging, verkregen door bilineaire interpolatie tussen de waarden in de centra van de cellen. De vermenging wordt uitgedrukt in percentage stortporiënwater. De getekende lijnen corresponderen met 99, 95, 84, 50, 16, 5 en 1%.

2.4. HET HORIZONTAAL MODEL

2.4.1. Algemeen

Het horizontaal model laat toe de evolutie van de laterale uitbreiding van de verontreiniging vanuit de stortplaats te simuleren.

Het beschouwde model is tweedimensionaal waardoor stromingen, stijghoogtegradiënten en kwaliteitsverdelingen in de diepte genegeerd worden.

De vereenvoudigde voorstelling van het grondwaterreservoir alsook de methode van berekening van de verontreiniging verplicht de gebruiker de resultaten met de nodige omzichtigheid te interpreteren.

Algemeen kan worden gesteld dat het horizontaal model de richting aangeeft in dewelke de verontreiniging zich uitbreidt.

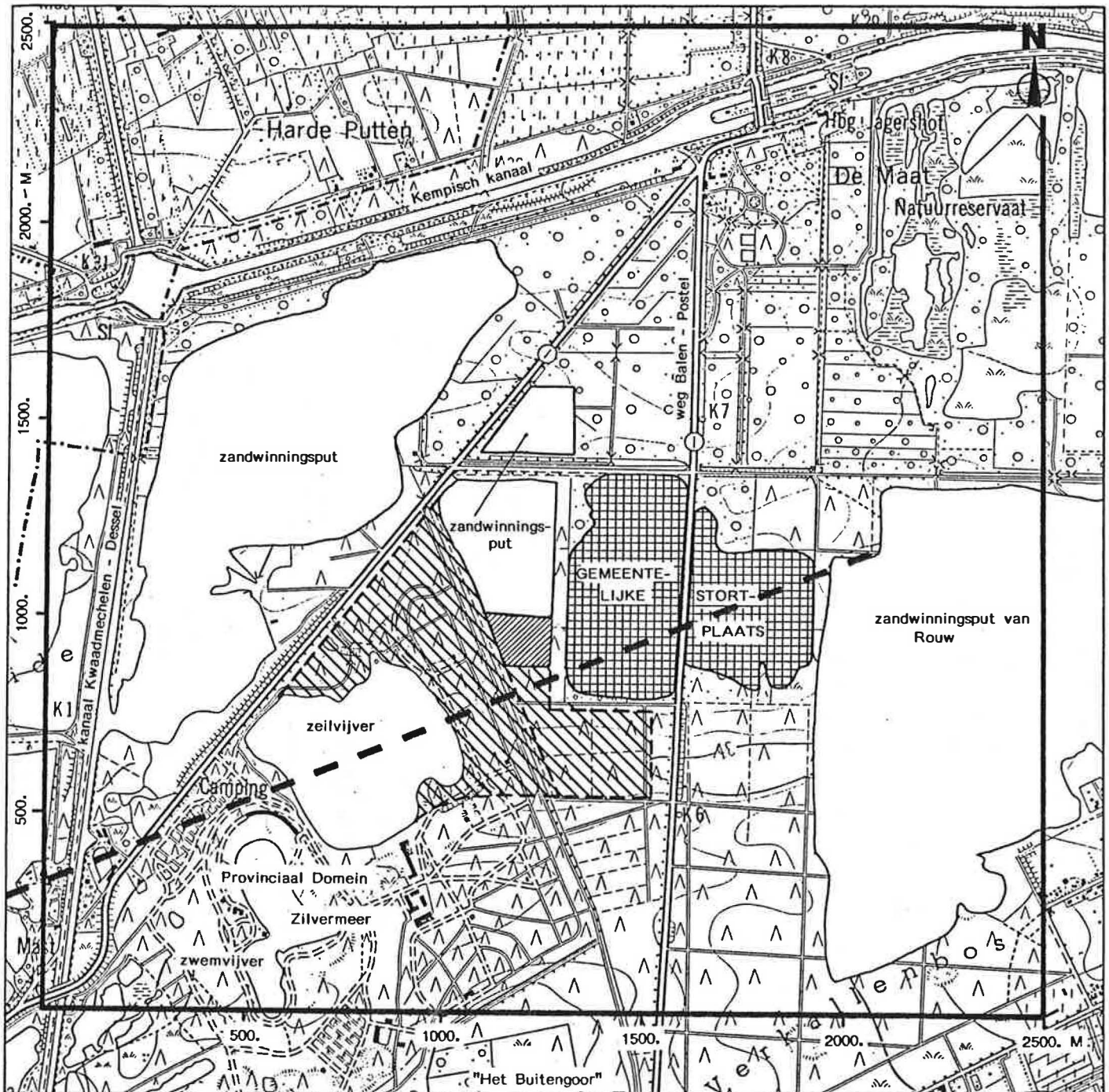
2.4.2. Modelgebied - randvoorwaarden - ingevoerde gegevens

Het horizontaal model bestrijkt een gebied van 6,25 km² (2,5 km x 2,5 km) met ongeveer volgende begrenzing (fig. 1) :

- in het noorden het Kempisch Kanaal;
- in het oosten de zandwinningsput van Rouw;
- in het zuiden het natuurgebied "het Buitengoor";
- in het westen het kanaal Kwaadmechelen-Dessel.

In dit gebied bevinden zich alle plassen en kanalen die een betekenisvolle invloed uitoefenen of uitgeoefend hebben op het grondwater- en stromingspatroon in de omgeving van de stortplaats.

Het eindig-verschilnetwerk bestaat uit 40 x 40 vierkante cellen met maaszijde van 65,99 m. De buitenste cel wordt de



LEGENDE



geplande uitbreiding van de zandwinningsput naast de stortplaats, periode maart 1990 - maart 2000



zone waar de kwartaire dekzanden en het ligniet- en klei-komplex werden weggegraven

— — — — — ligging van de verticale doorsnede

————— ligging van het modelgebied

Fig. 1 - Ligging van het horizontaal modelgebied en de verticale doorsnede.

grenscel en valt buiten het modelgebied. Het modelgebied bestaat aldus uit 38 x 38 cellen met elk een oppervlakte van 4355 m².

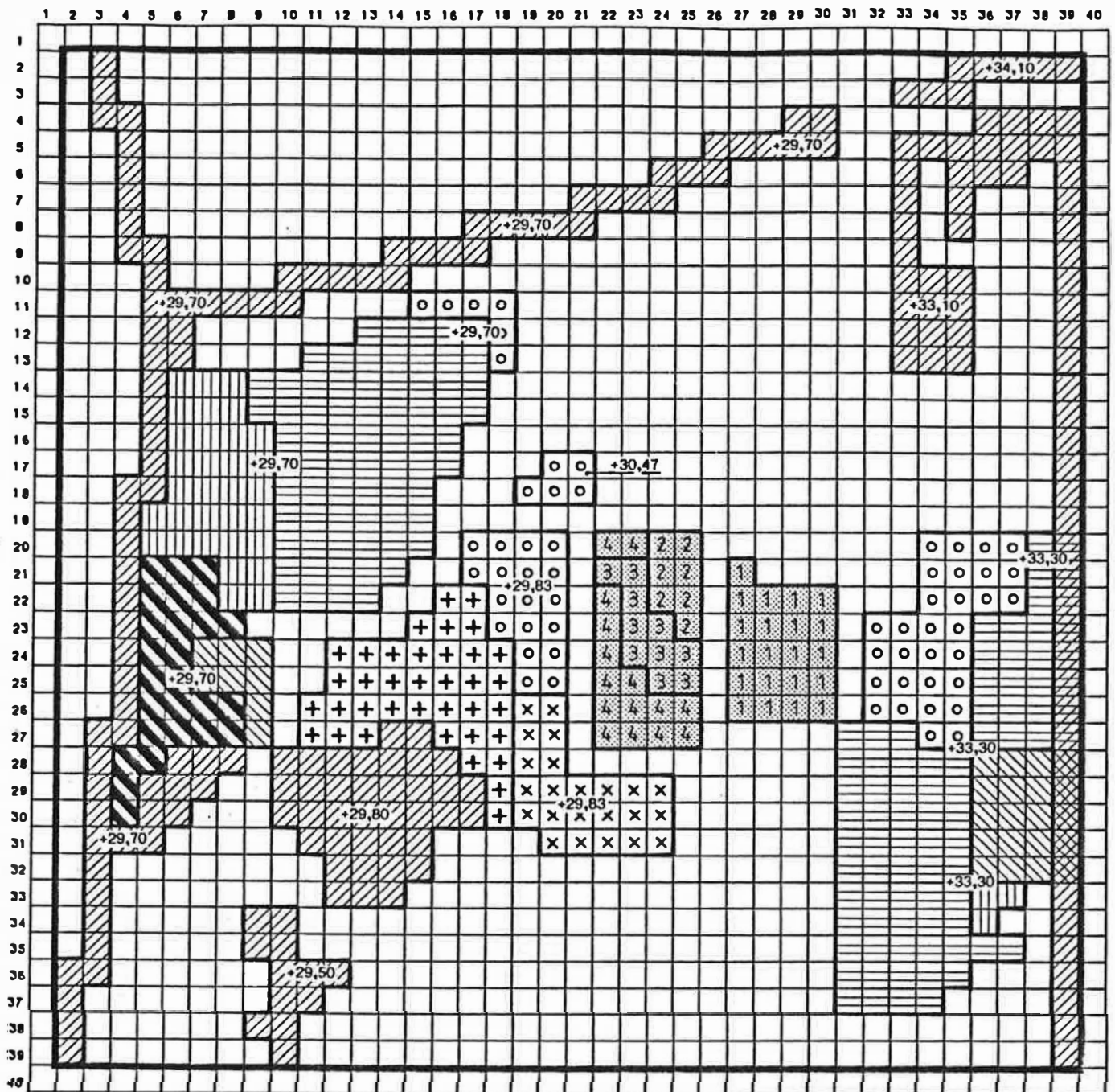
De randvoorwaarden en een gedeelte van de ingevoerde gegevens zijn aangeduid op fig. 2.

Als dikte van het grondwaterreservoir wordt 18 m genomen, dit is de gemiddelde dikte van de Zanden van Mol I in het studiegebied. Voor de hydraulische doorlatendheid wordt een waarde van 17,1 m/dag ingevoerd overeenkomstig de resultaten van de pompproef (zie tweede deelvverslag).

De plassen en kanalen zijn ingevoerd als vaste stijghoogten. Aan elke plas of kanaal is een gemiddelde stijghoogte toegekend. Verder is aangenomen dat vanaf 1963, dit is 5 jaar na de aanvang van de stortactiviteiten, 100% stortporiënwater infiltreert doorheen de kleilaag van het ligniet- en kleikomplex naar het grondwaterreservoir in de Zanden van Mol I. Vanaf maart 1985, dit is na de afdekking van de stortplaats, ten westen van de weg Balen-Postel, is dit teruggebracht op 25%, dit is 75 mm/jaar.

Rekening houdend met de evolutie van de zandwinningsputten en de uitbreiding van de stortplaats, zijn vanaf 1963 tot heden acht tijdsperioden onderscheiden.

De uitbreiding van de zandwinningsputten en de stortplaats is bepaald aan de hand van luchtfoto's, kaarten en gegevens van SCR SIBELCO. De ingevoerde gegevens in het model voor elke tijdsperiode zijn weergegeven in tabel 1.



LEGENDE

- | | | |
|--|--|--|
| ingevoerde vaste stijghoogte, periode december 1963 - maart 2000 (fig. 3) | ingevoerde vaste stijghoogte, periode maart 1985 - maart 2000 (fig. 8) | konstante insijpelingscel, stortporiën-water 100%
-periode juni 1966 - maart 1985 : 300 mm/jaar
-periode maart 1985 - maart 2000 : 75 mm/jaar |
| ingevoerde vaste stijghoogte, periode juni 1966 - maart 2000 (fig. 4) | ingevoerde vaste stijghoogte, periode maart 1990 - maart 2000 (fig. 9) | konstante insijpelingscel, stortporiën-water 100%
-periode september 1972 - maart 1985 : 300 mm/jaar
-periode maart 1985 - maart 2000 : 75 mm/jaar |
| ingevoerde vast stijghoogte, periode december 1969 - maart 2000 (fig. 5) | ingevoerde vaste stijghoogte, periode maart 1995 - maart 2000 (fig. 10) | konstante insijpelingscel, stortporiën-water 100%
-periode december 1978 - maart 1985 : 300 mm/jaar
-periode maart 1985 - maart 2000 : 75 mm/jaar |
| ingevoerde vaste stijghoogte, periode september 1972 - maart 2000 (fig. 6) | ondoorlatende grens | konstante insijpelingscel, stortporiën-water 0%
-periode december 1963 - maart 2000 : 300 mm/jaar |
| ingevoerde vaste stijghoogte, periode december 1978 - maart 2000 (fig. 7) | konstante insijpelingscel, stortporiën-water 100%
-periode december 1963 - maart 2000 : 300 mm/jaar | GEMEENTELIJKE STORTPLAATS |

Fig. 2 - Het horizontaal model, ingevoerde gegevens.

Tabel 1 : Simulatie van het horizontaal model, indeling in tijdsperiodes en ingevoerde gegevens.

Periode	Ingevoerde vaste stijghoogten	Uitbreiding stortplaats
december 1963-juni 1966	kanaal Kwaadmechelen-Dessel : + 29,70 Kempisch Kanaal - stroomafwaarts sluis III : + 29,70 - stroomopwaarts sluis III : + 34,10 met weerstand 500 dagen Zeilvijver : + 29,80 Zwemvijver : + 29,50 Zandwinningsput ten westen van zeilvijver : + 29,70 Plassen "De Maat" : + 33,10 met weerstand 300 dagen	rechterhelft van de stortplaats
juni 1966-december 1969	Uitbreiding zandwinningsputten ten westen van zeilvijver Zandwinningsput van Rouw : + 33,30	linkerhelft van de stortplaats
december 1969-september 1972	Uitbreiding - zandwinningsput van Rouw - zandwinningsput ten noordwesten van de zeilvijver	
september 1972-december 1978	Uitbreiding - zandwinningsput van Rouw - zandwinningsput ten noordwesten van de zeilvijver	uitbreiding linkerhelft van de stortplaats
december 1978-maart 1985	Uitbreiding - zandwinningsput van Rouw - zandwinningsput ten noordwesten van de zeilvijver	uitbreiding en op-hoging linkerhelft van de stortplaats
maart 1985-maart 1990	Uitbreiding - zandwinningsput van Rouw - zandwinningsput ten noordwesten van de zeilvijver Zandwinningsputten naast de stortplaats - + 30,47 - + 29,83	afdekking van de linkerhelft van de stortplaats (infiltratie op 25% van de normale infiltratie gebracht)
maart 1990-maart 1995	Uitbreiding van zandwinningsput naast de stortplaats	
maart 1995-maart 2000	Verbinding tussen zeilvijver en zandwinningsput naast de stortplaats : + 29,80	

2.4.3. Resultaten van de simulatie in het horizontaal model

2.4.3.1. Voorstelling van de resultaten

De resultaten van de simulatie zijn voorgesteld op de figuren 3-10; ze geven aan :

- de berekende lijnen van gelijke stijghoogte;
- de berekende grondwaterstromingssnelheid;
- de berekende lijnen van gelijke mengingsgraad.

Een duidelijke situering van de resultaten is mogelijk door gebruik te maken van de bijgevoegde transparant.

2.4.3.2. Bespreking

Uit de simulatie blijkt dat de grondwaterstroming in het gebied hoofdzakelijk oost-west gericht is. De grote stromingssnelheden zijn vooral toe te schrijven aan een grote doorlatendheid en een groot verhang.

De verontreinigingspluim te wijten aan de stortplaats breidt zich in westelijke en noordwestelijke richting uit naar de aldaar gelegen zandwinningsputten. De zeilvijver van het Provinciaal Domein is bedreigd door verontreiniging vooral afkomstig van de zuidelijke helft van de stortplaats.

De huidige toestand (anno 1988) is voorgesteld in figuur 8. In figuren 9 en 10 zijn toekomstige toestanden gesimuleerd; hierbij wordt rekening gehouden met de verdere uitbreiding van de zandwinningsput naast de stortplaats enerzijds (fig. 9) en de verbinding van deze put met de zeilvijver anderzijds (fig. 10).

Uit deze toekomstgerichte simulatie blijkt dat de zandwinningsput naast de stortplaats de verontreiniging uit de

stortplaats volledig zal opvangen. De verontreiniging ten westen van deze put zal zich verder westwaarts verplaatsen naar de zeilvijver.

Indien de verbinding tussen de zandwinningsput naast de stortplaats en de zeilvijver tot stand wordt gebracht zal deze bijna al de reeds aanwezige verontreiniging opvangen.

2.4.3.3. Beperkingen van het horizontaal model

Bij de interpretatie van de simulatie met het horizontaal model moet met volgende beperkingen rekening gehouden worden:

- alle berekende concentraties volgens het horizontaal model zijn gemiddelde waarden over de volledige dikte van het reservoir. Als de verontreiniging zich niet verspreidt over de totale dikte van het beschouwde reservoir zullen de berekende waarden dus kleiner zijn dan de werkelijke.
- de vooruitschrijding van de verontreinigingspluim is steeds een ruwe benadering van de werkelijke uitbreiding. Het horizontaal model houdt namelijk geen rekening met verticale gradiënten en stromingen. De verontreiniging kan zich dus enkel horizontaal bewegen; in werkelijkheid is de vooruitschrijding meestal een resultante van een verticale en een horizontale komponent.
- weerstanden ten gevolge van een minder goed doorlatende laag tussen de stortplaats en het grondwaterreservoir kunnen niet in rekening gebracht worden. In werkelijkheid zal de verontreiniging, door de aanwezigheid van de kleilaag van het ligniet- en kleikomplex, met een zekere vertraging in het grondwaterreservoir (Zanden van Mol I) terechtkomen.

Een groot deel van deze beperkingen eigen aan een horizontaal model komen in het vertikaal model niet voor.

Legende bij het horizontaal model (figuren 3 tot en met 10)

———— 5 ————— lijn van gelijke mengingsgraad (in % stortporiënwater)

———— 30,0 ————— lijn van gelijke stijghoogte (in m TAW)

————→ snelheidsvektor (tijdsduurfaktor = 0,5 jaar)

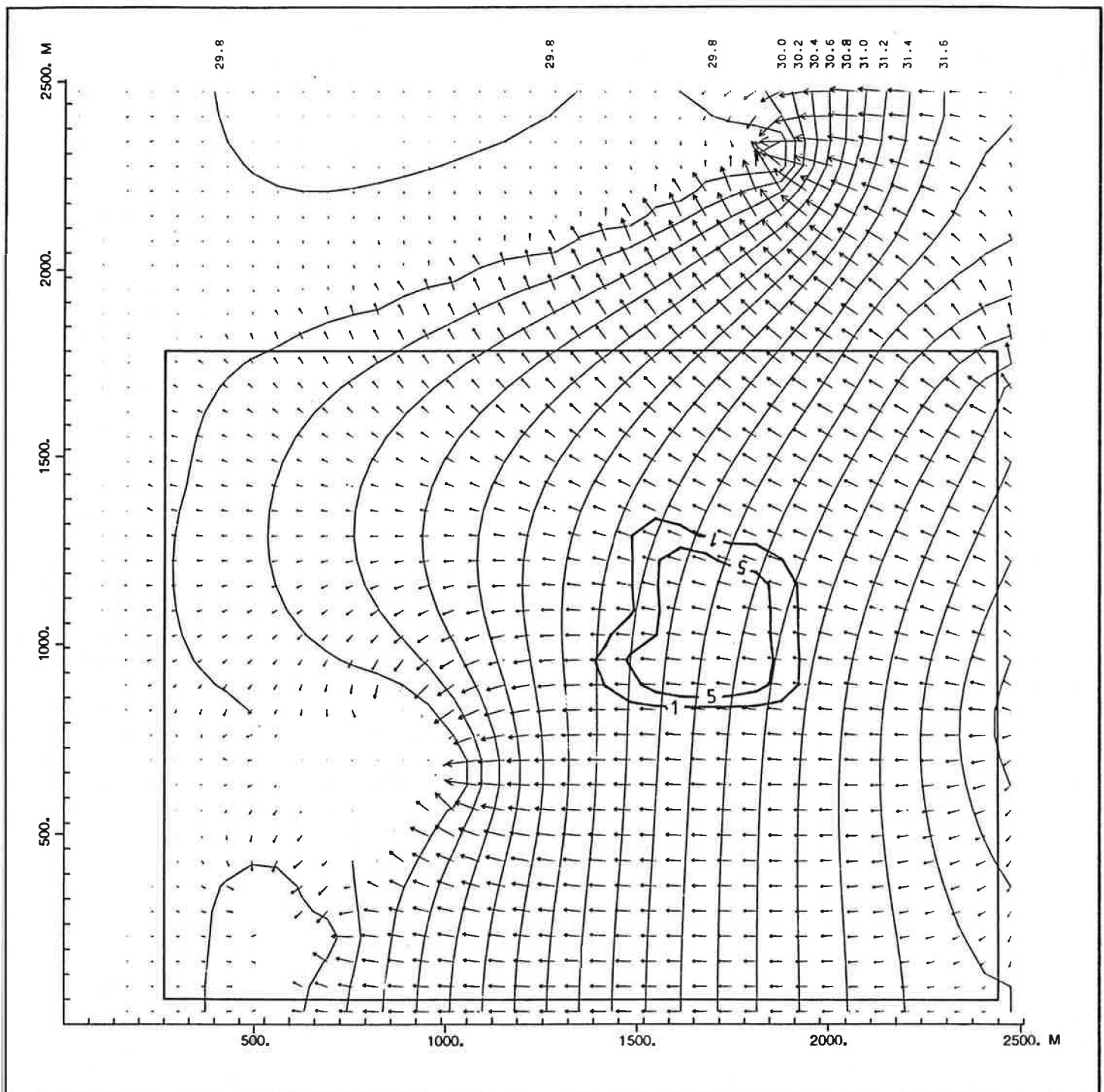


Fig. 3 - Het horizontaal model, toestand na 2,5 jaar (juni 1966).

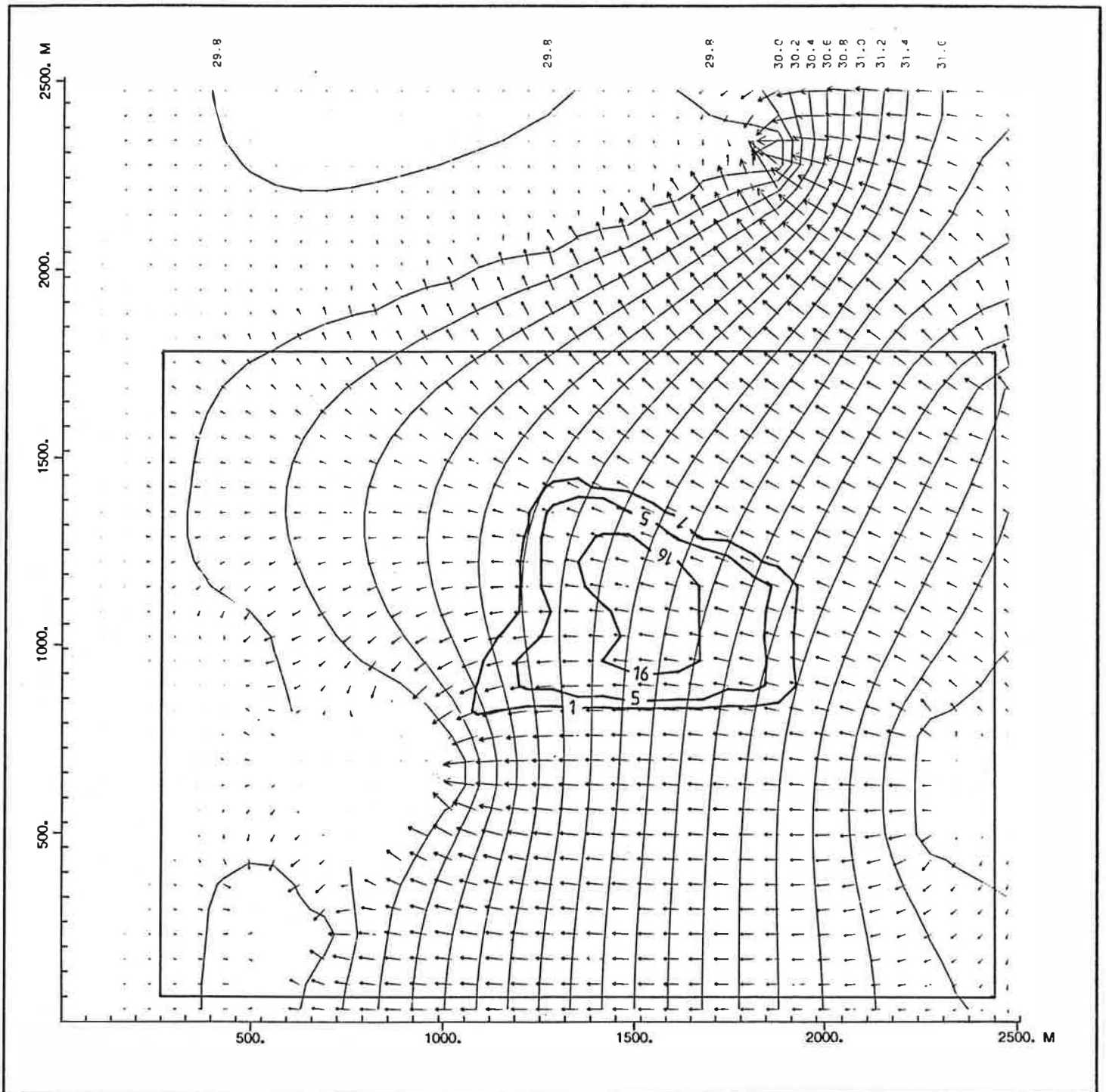


Fig. 4 - Het horizontaal model, toestand na 6,25 jaar (maart 1970).

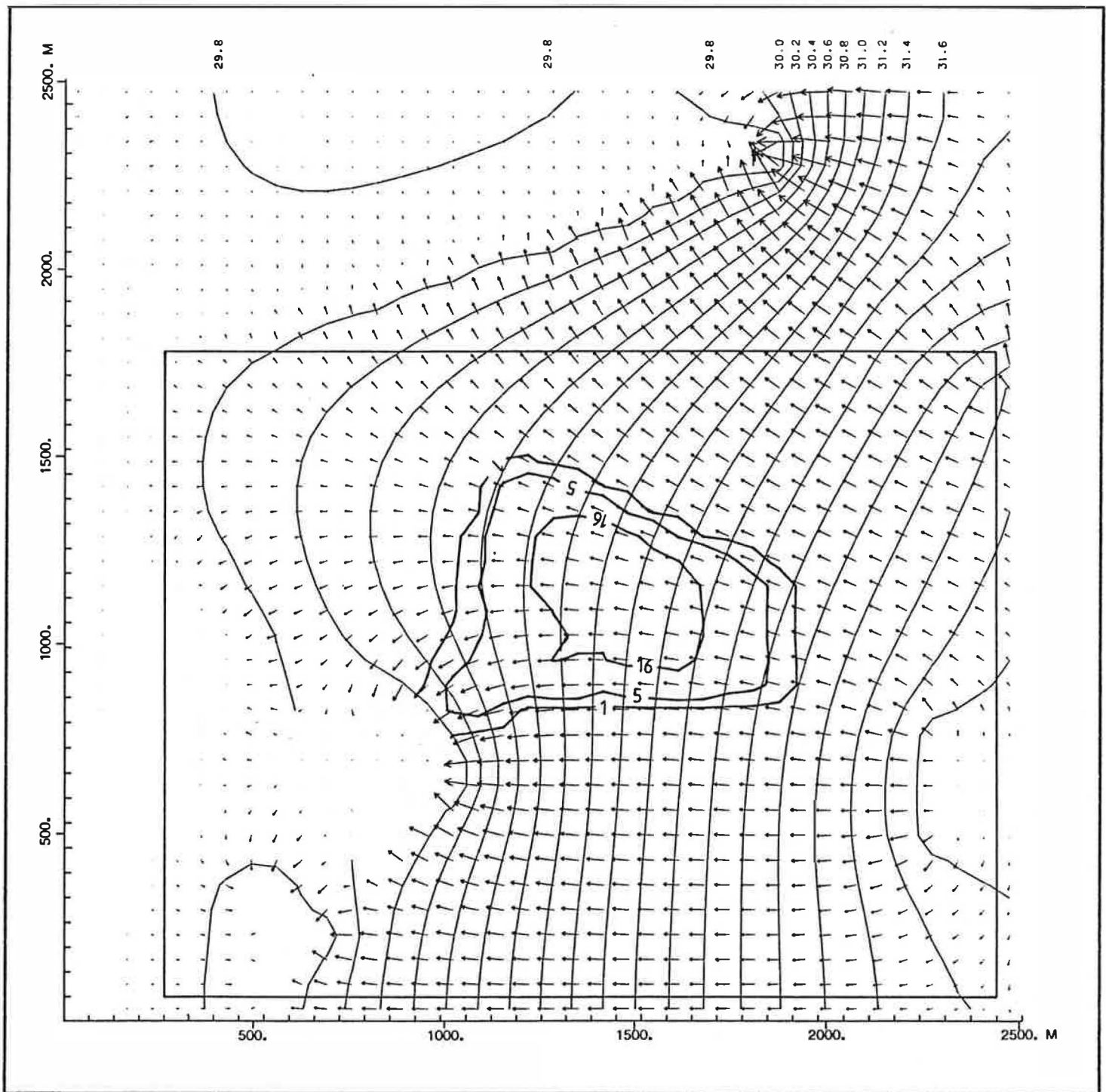


Fig. 5 - Het horizontaal model, toestand na 8,75 jaar (september 1972).

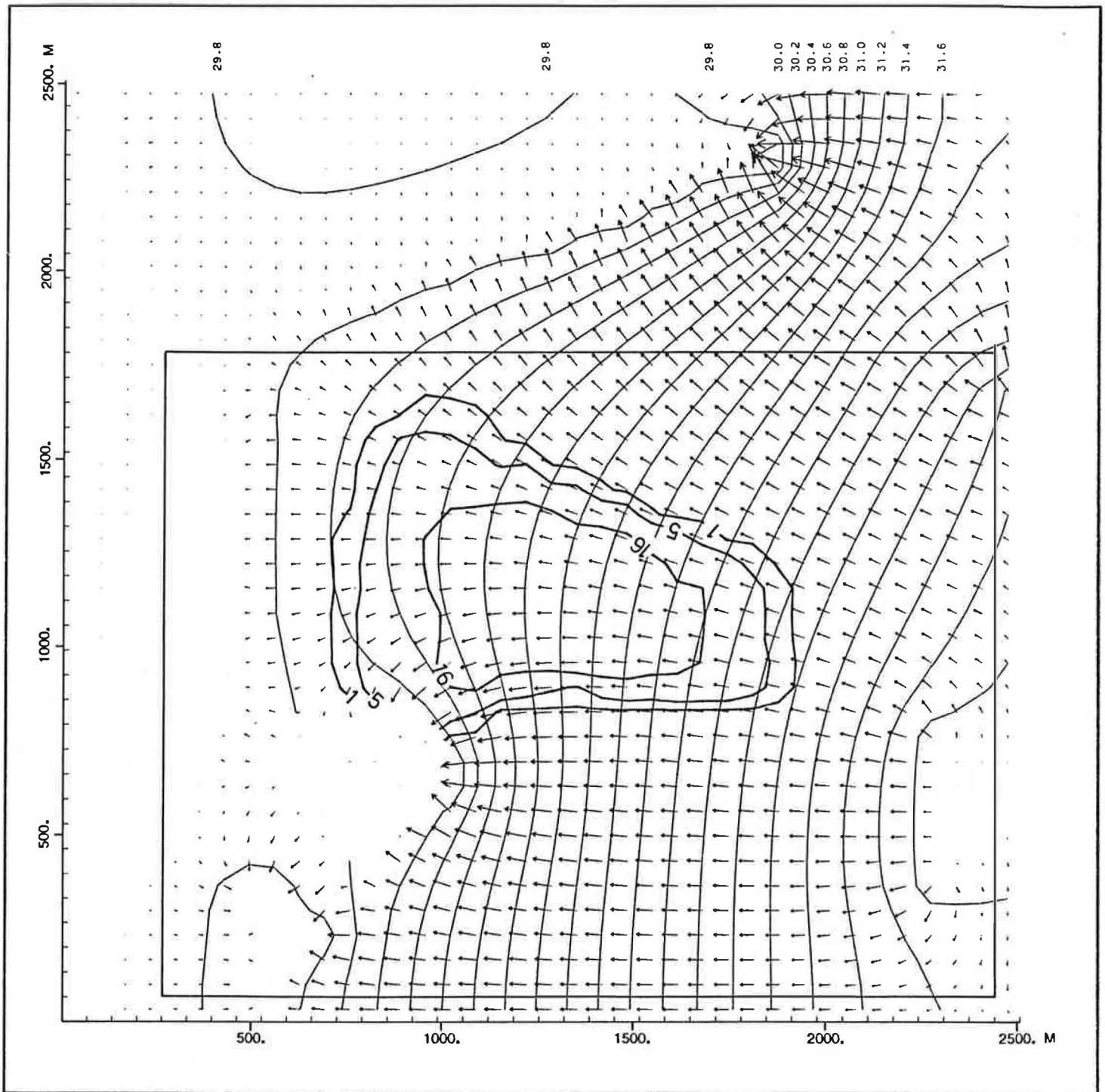


Fig. 6 - Het horizontaal model, toestand na 15 jaar (december 1978).

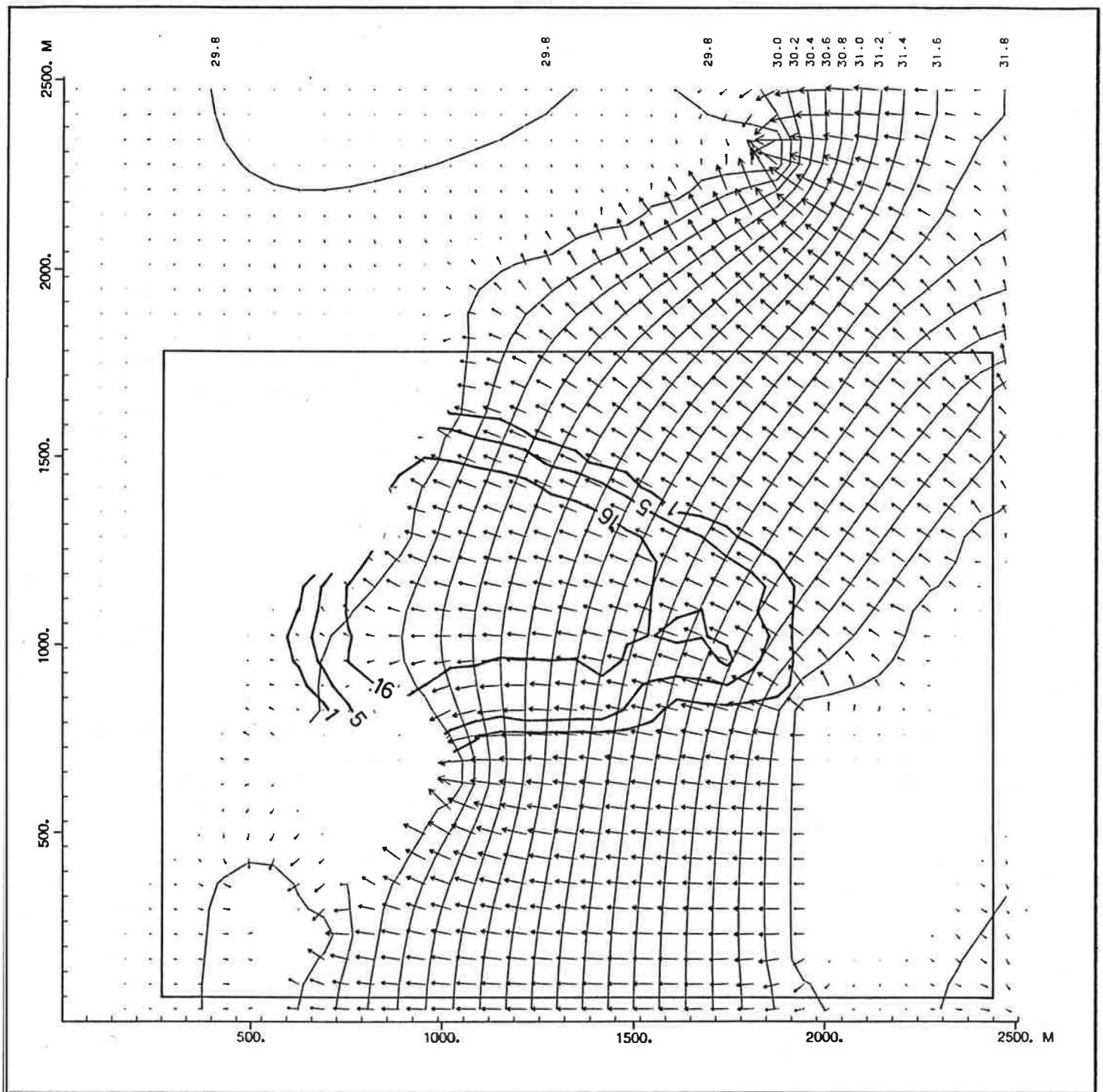


Fig. 7 - Het horizontaal model, toestand na 21,25 jaar (maart 1985).

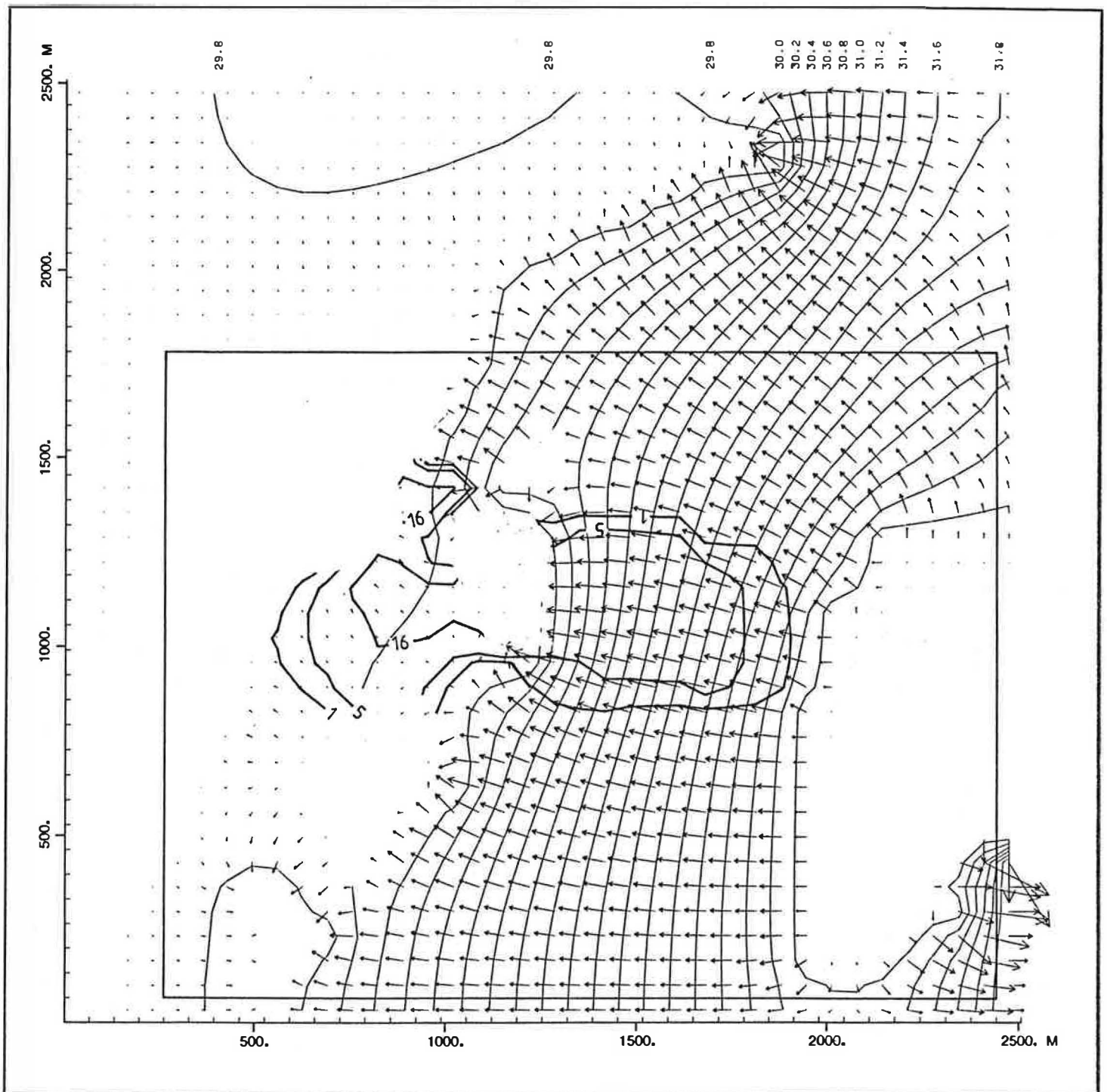


Fig. 8 - Het horizontaal model, toestand na 26,25 jaar (maart 1990).

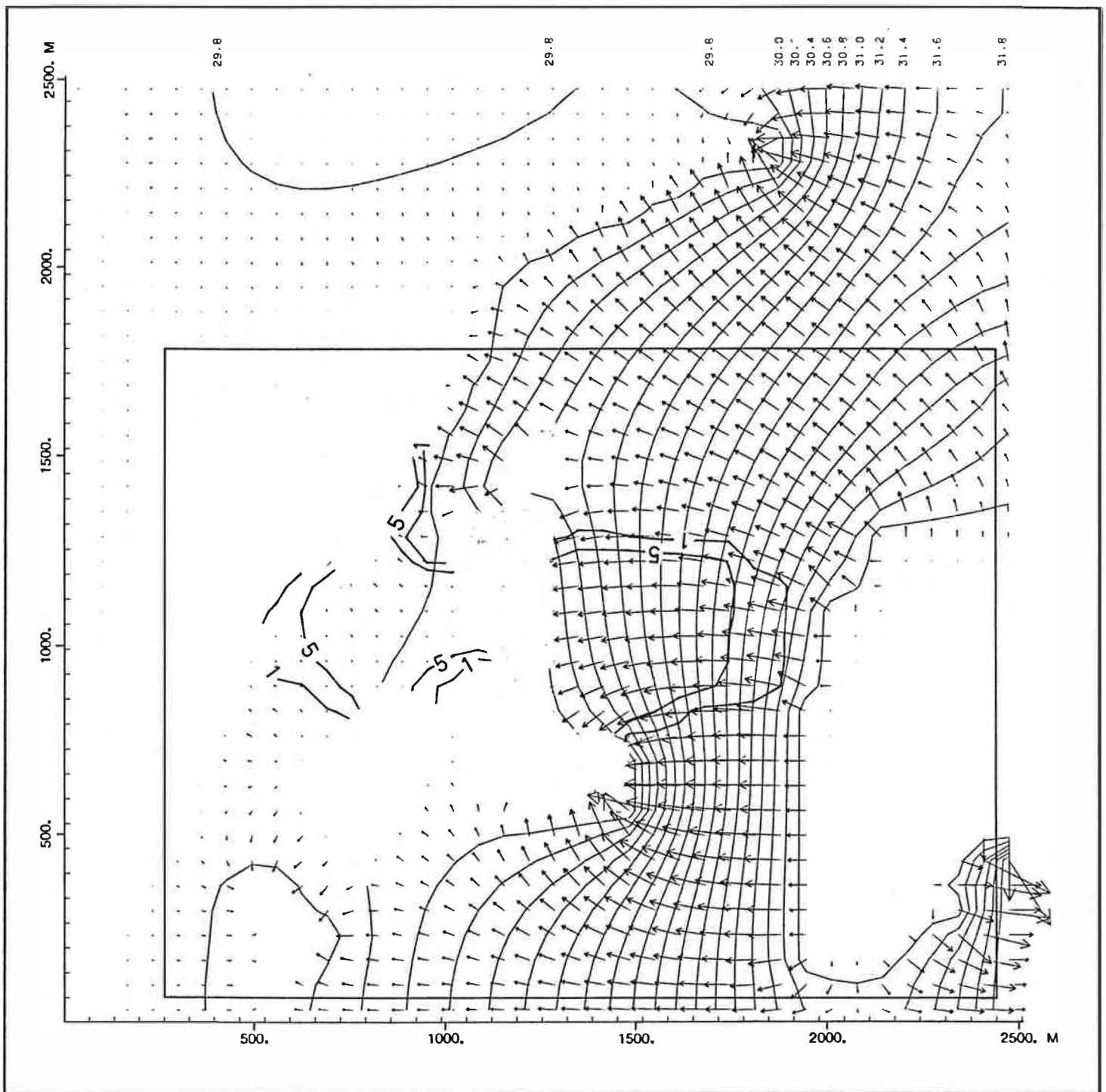


Fig. 9 - Het horizontaal model, toestand na 31,25 jaar (maart 1995).

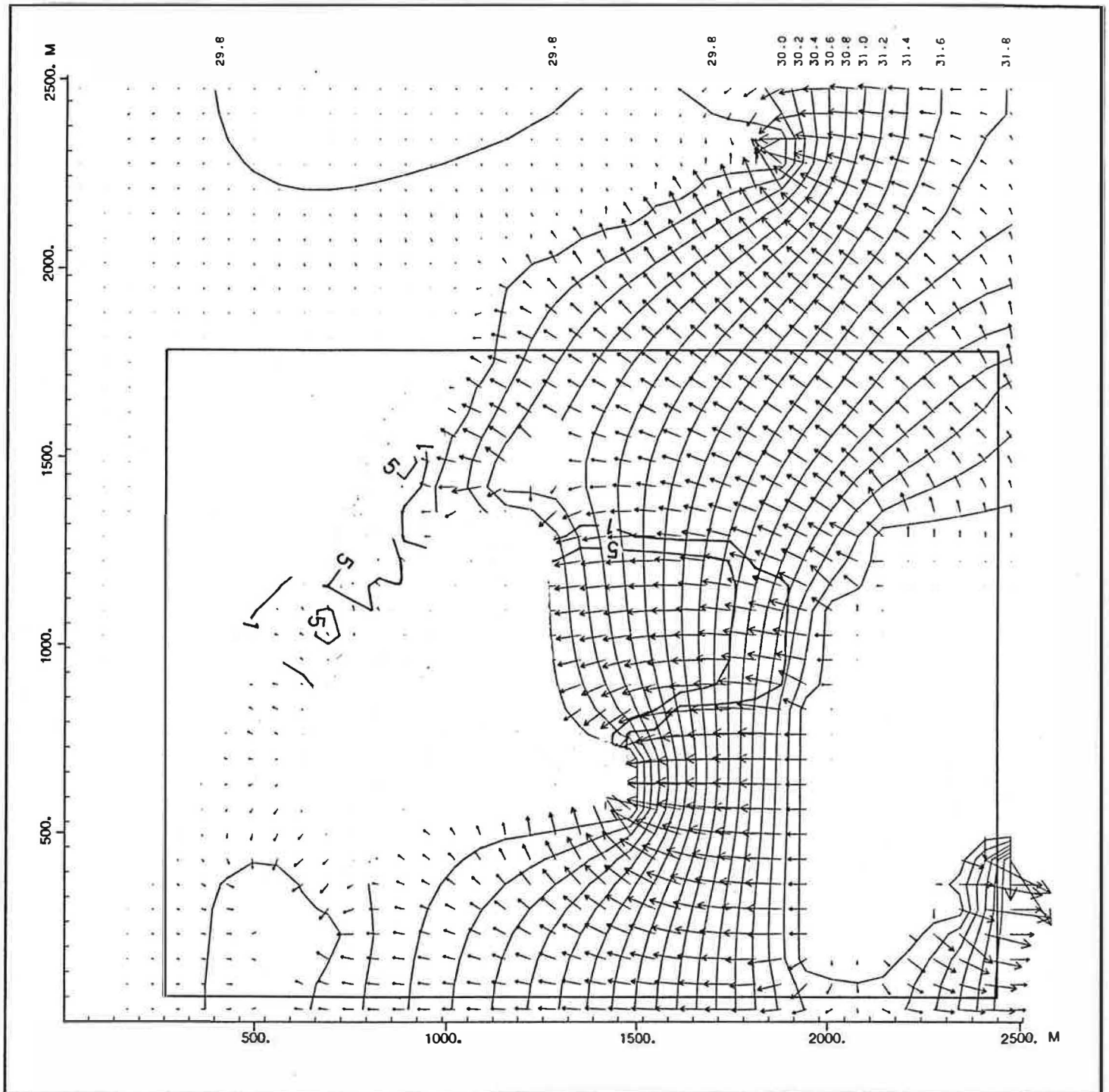


Fig. 10 - Het horizontaal model, toestand na 36,25 jaar (maart 2000).

2.5. VERTIKAAL MODEL

2.5.1. Algemeen

Het vertikaal model dat rekening houdt met verticale stromingen, verticale stijghoogtegradiënten en daarmee gepaard gaande kwaliteitsverdelingen geeft beter de evolutie van de verontreinigingspluim vanuit de stortplaats in één welbepaalde doorsnede weer. De richting van deze doorsnede wordt bepaald aan de hand van de stroomlijnen in het horizontaal model.

2.5.2. Plaatsbepaling en diepte van de verticale doorsnede

De verticale doorsnede werd gekozen volgens een ENE-WSW richting vanaf de plas van Rouw (huidige toestand) doorheen de zuidelijke helft van de stortplaats via de zeilvijver tot aan het kanaal Kwaadmechelen-Dessel (fig.1). Ze verloopt aldus volgens de lijn van de in het bestek van deze studie uitgevoerde boringen SB1, SB3, SB4 en SB5 tussen de zeilvijver en de stortplaats.

Om zo gedetailleerd mogelijk de verontreiniging te kunnen simuleren werd de verticale doorsnede in de diepte begrensd door de top van de Zanden van Kasterlee (ondiep vertikaal model). De specifieke hydrogeologische bouw van het grondwaterreservoir enerzijds en de vaststelling (in voorgaande studies, uitgevoerd in de onmiddellijke omgeving) dat sterke verticale stromingen kunnen optreden in de buurt van vaste stijghoogten (kanalen, plassen) maken het hiervoor eerst noodzakelijk de grondwaterstroming te onderkennen tot op de Klei van Boom. Hiervoor werd aan de hand van een diep vertikaal model (tot op de Klei van Boom) de hoeveelheid water berekend die van de Zanden van Kasterlee naar de Zanden van Mol I vloeit en vice versa. Deze hoeveelheid werd berekend

voor elke toestand in het grondwaterstromingspatroon en dan ingevoerd in het ondiep vertikaal model als pompingen (neerwaartse stroming) of als injecties (opwaartse stroming). Hierbij onderscheiden we vier periodes; deze komen overeen met wijzigingen in de uitbreiding van de zandwinningsputten in de verticale doorsnede (zie tabel 2).

2.5.3. Het diep vertikaal model

Het eindig-verschil netwerk van het diep vertikaal model is van onder naar boven als volgt opgebouwd :

- 250 m zandige sedimenten (Zanden van Voort, Antwerpen, Dessel en Diest) met $k_h = 8,4$ m/d
- 20 m zandige sedimenten (Zanden van Kasterlee) met $k_h = 4,2$ m/d
- 20 m zandige sedimenten (Zanden van Mol I) met $k_h = 17,1$ m/d.

Voor de anisotropie werd een waarde aangenomen van 0,05 in het ganse grondwaterreservoir. De structuur van het netwerk en de ingebrachte gegevens zijn in figuur 11 verzameld.

Er werden drie simulaties uitgevoerd overeenkomstig de periodes :

- december 1963 - juni 1981
- maart 1990 - maart 1995
- maart 1995 - maart 2000.

De simulaties zijn voorgesteld in figuren 12 tot en met 14.

Uitgaande van deze simulaties werden de debieten berekend die tussen de Zanden van Mol en de Zanden van Kasterlee stromen. Deze waarden worden voor elke cel verkregen door de verhouding van het berekend stijghoogteverschil tussen rij 3 (onderste cel van de Zanden van Mol) en rij 4 (bovenste cel van de Zanden van Kasterlee) en de hydraulische weerstand tussen deze twee rijen, te vermenigvuldigen met de oppervlakte van

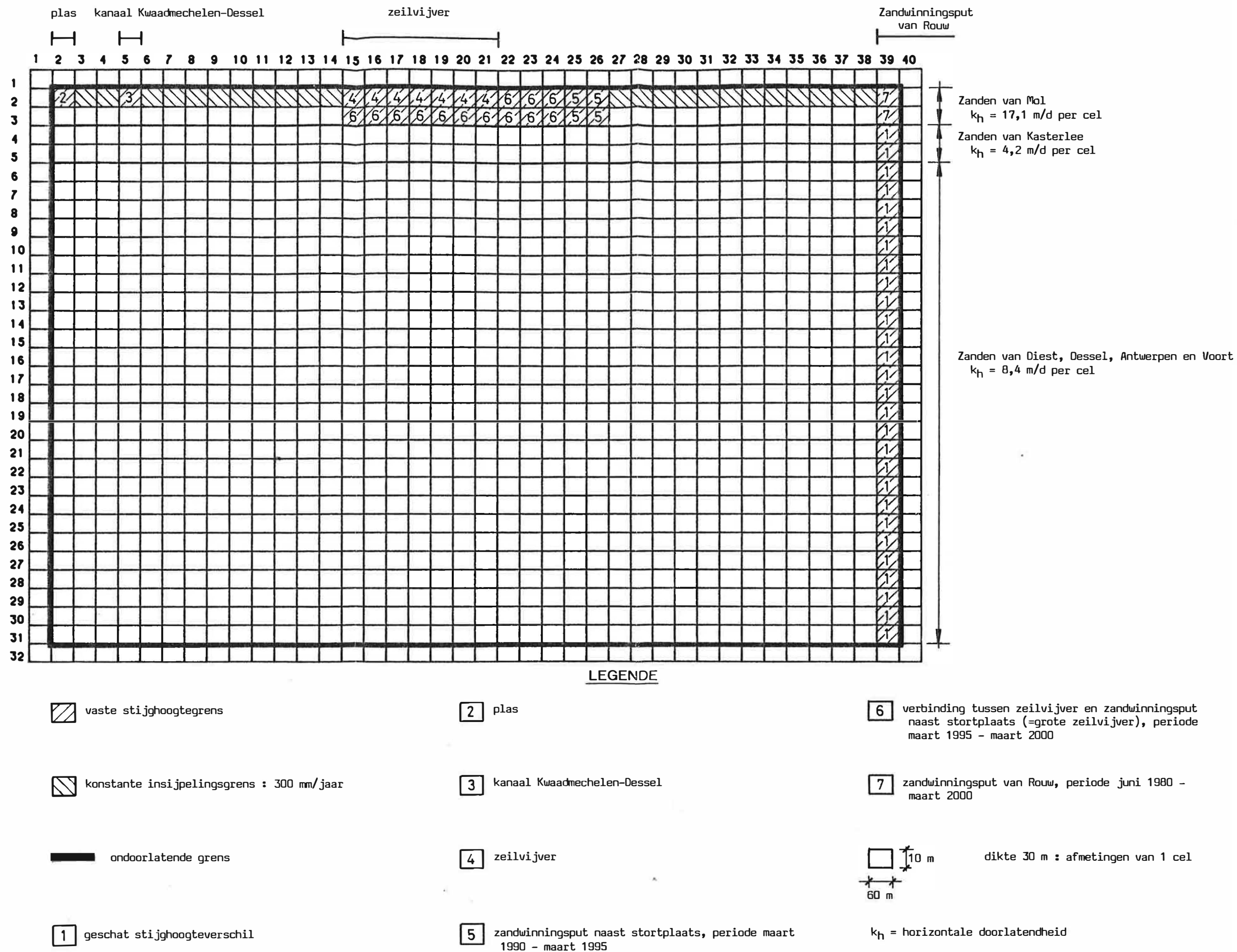


Fig. 11 - Schematisatie van het diep vertikaal model, ingevoerde gegevens.
 (ligging doorsnede zie fig. 2)

Legende bij het ondiep en diep vertikaal model (figuren 12,13,14,17 en 18)

———— 50 ————

lijn van gelijke mengingsgraad (in % stortporiënwater)

———— 30,0 ————

lijn van gelijke stijghoogte (in m TAW)



snelheidsvektor (tijdsduurfaktor = 0,5 jaar)

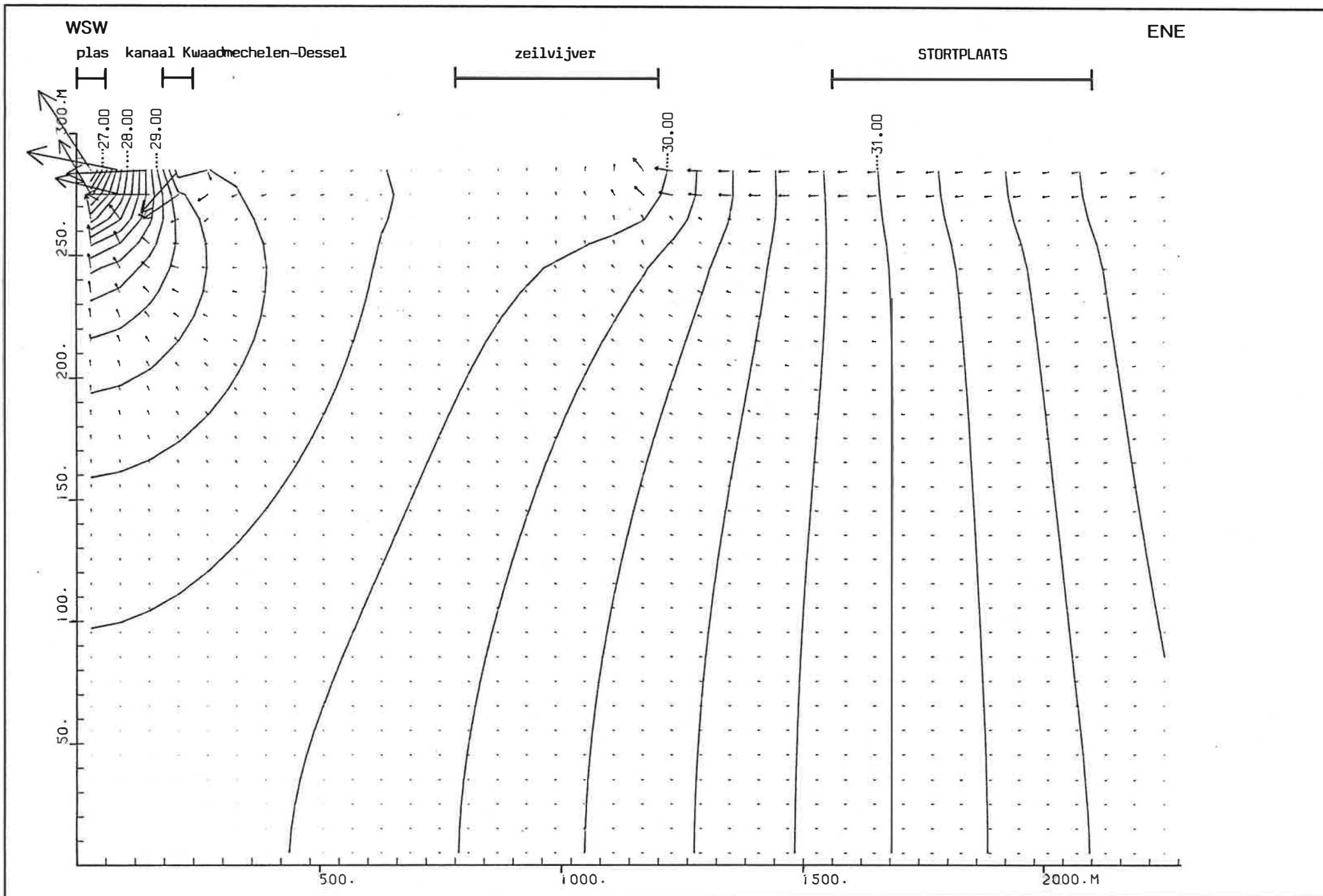


Fig. 12 - Het diep vertikaal model, periode december 1963 - juni 1981.

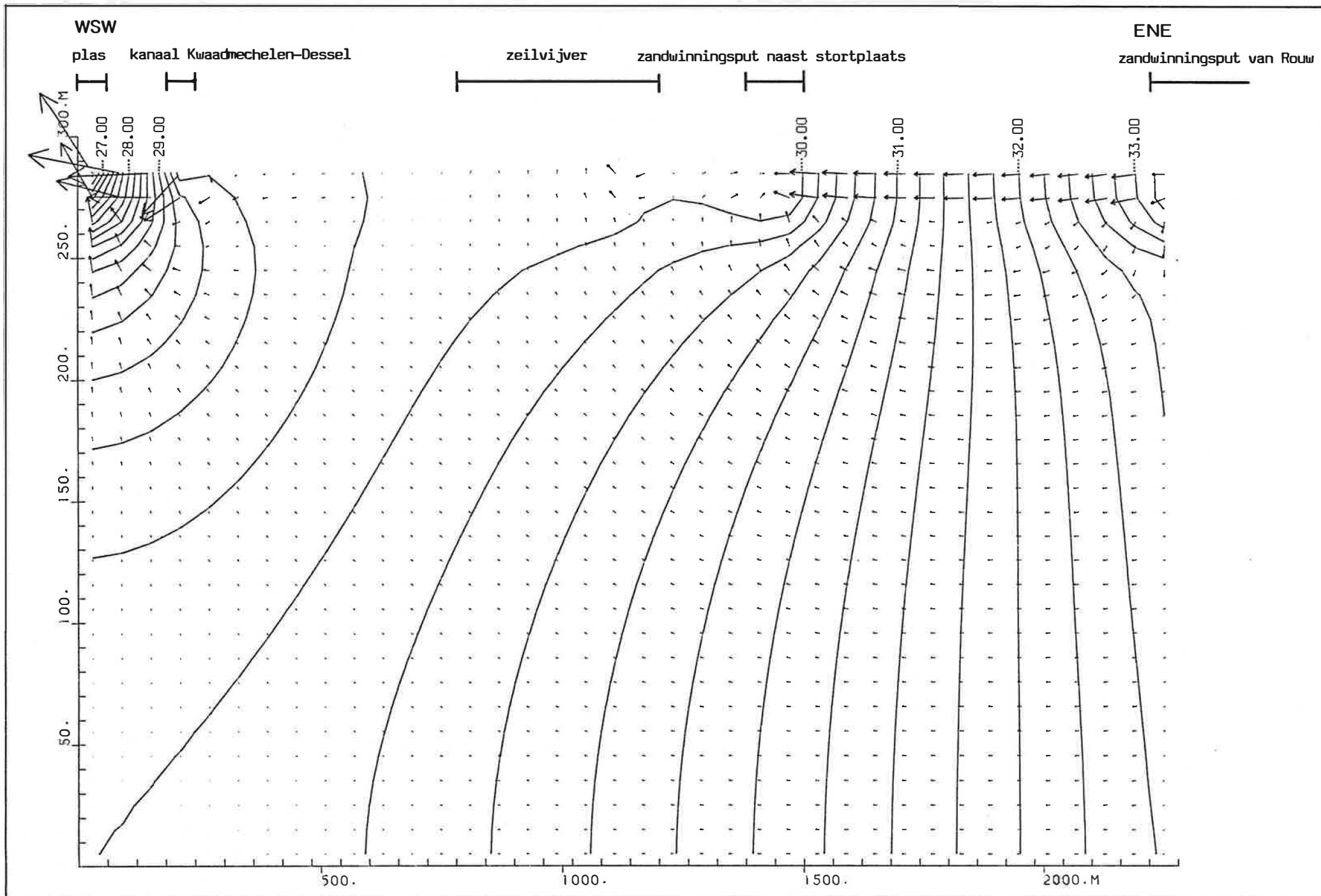


Fig. 13 - Het diep vertikaal model, periode maart 1990 - maart 1995.

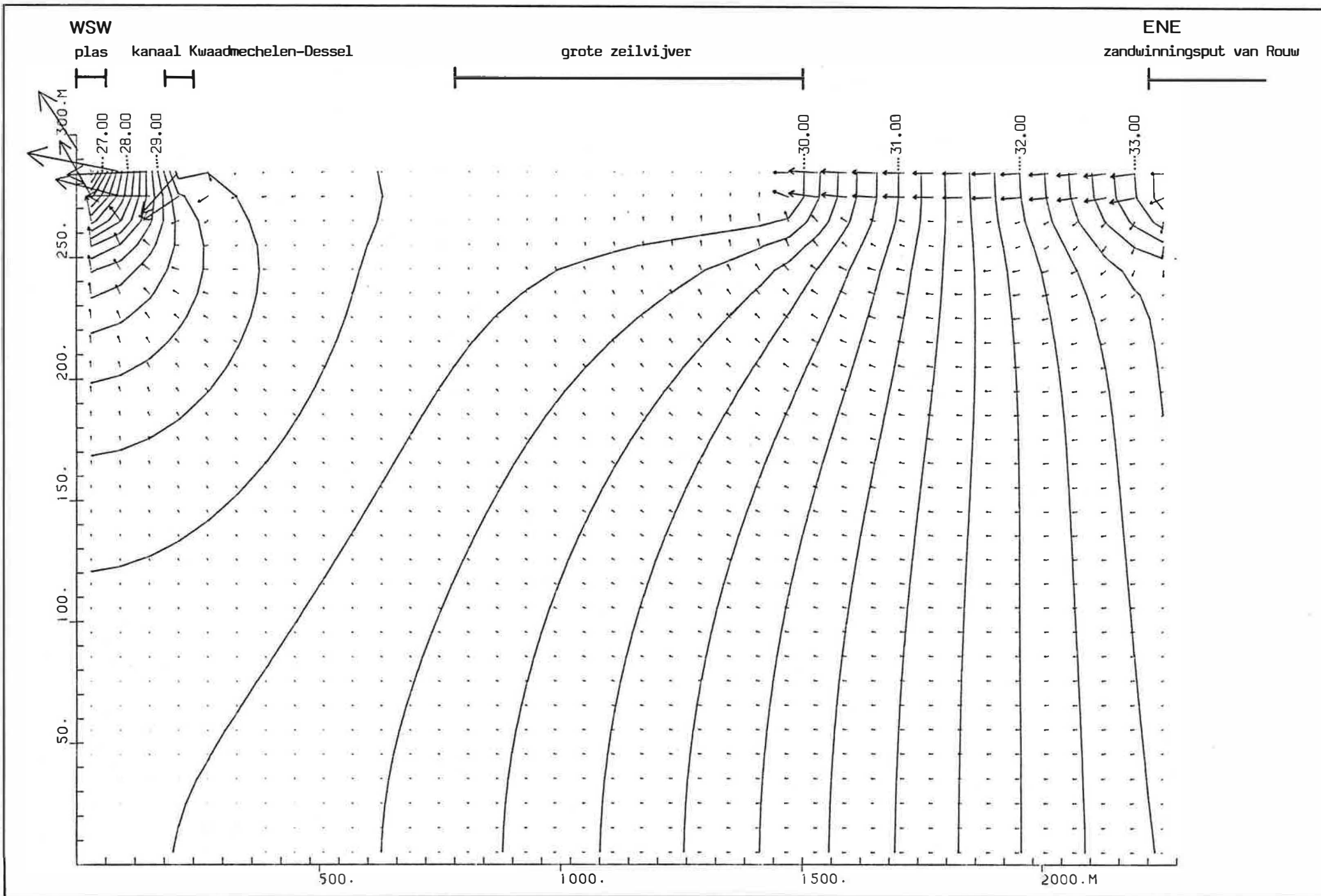


Fig. 14 - Het diep vertikaal model, periode maart 1995 - maart 2000.

de cel of :

$$Q(\text{m}^3/\text{dag}) = \frac{\Delta F(\text{m})}{c \text{ (dagen)}} * \text{oppervlakte (m}^2\text{)}$$

Deze waterhoeveelheden worden als winningen en injecties in het ondiep vertikaal model ingebracht in de onderste cel van iedere kolom van het reservoir.

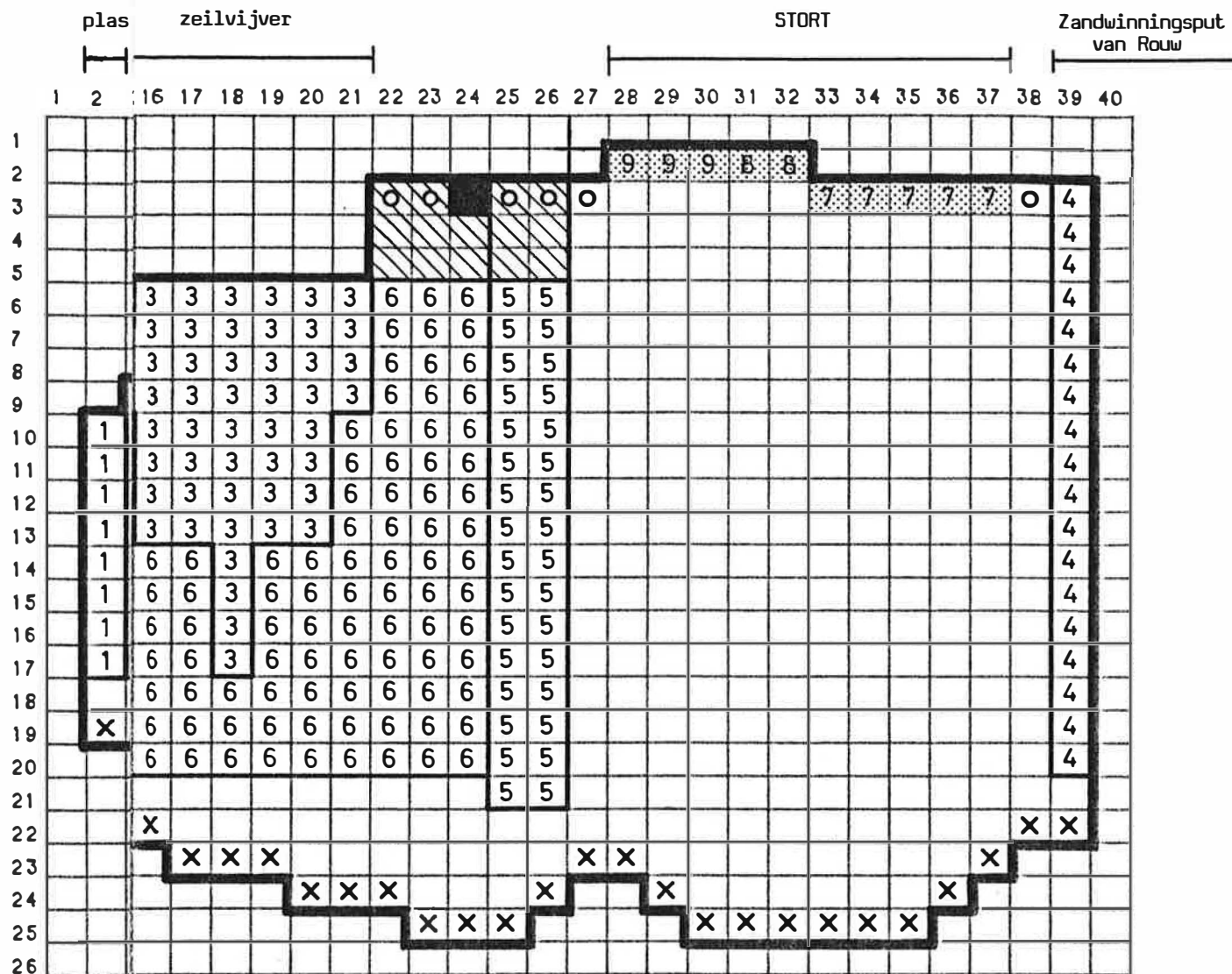
In de eerste simulatie voor de periode december 1963 - juni 1981 werden aan de oostrand van het model vaste stijghoogten ingevoerd met een neerwaartse gradiënt van 0,001. Deze is geschat aan de hand van de waarnemingen in 1978 in het kader van de studie "Hydrogeologische studie van het plassengebied van Mol" (1978, CNUUDE, J.P.).

Voor de periode juni 1981 - maart 1990 werd rekening gehouden met een verhoging van de stijghoogte in de Zanden van Mol te wijten aan de uitbreiding van de zandwinningsput van Rouw. De berekening van de verticale debieten is voor deze periode gesteund op de stijghoogtewaarnemingen van augustus tot oktober 1987 en gebeurde volgens de methode van Edelman. Uit de aldus bekomen debieten werd de neerwaartse gradiënt berekend nodig om deze verticale stromingen in stand te houden. Hierdoor is er tussen de Zanden van Mol en de Zanden van Kasterlee een stijghoogteverschil van ca. 0,8 m aanwezig. In de dieper gelegen lagen werd de neerwaartse gradiënt van 0,001 aangehouden. Met deze randvoorwaarden werden de verticale debieten berekend voor de simulatie van de periodes maart 1990 - maart 1995 en maart 1995 - maart 2000.

2.5.4. Het ondiep vertikaal model

2.5.4.1. Ingevoerde gegevens - randvoorwaarden

Het eindig-verschilnetwerk bestaat uit 40 x 26 cellen met maasafmetingen van 60 m in de x-richting en 1 m in de y-richting. De verticale doorsnede heeft aldus een lengte van 2280 m (de buitenste cellen worden niet meegeteld) en een hoogte



LEGENDE











-  vaste stijghoogtegrens, concentratie stortporiënwater = 0% (zandwinningsput van Rouw, periode juni 1981 - maart 2000, +33,30)
-  cellen die vanaf maart 1990 (1ste stuk boven 5) of maart 1995 (2de stuk boven 6) uit het model gebracht worden
-  vaste stijghoogte-grens of -cel, concentratie stortporiënwater = 0% (zandwin-peringsput naast de stortplaats, periode +32, maart 1990 - maart 1995, +29,83)
-  cel waarin water geïnjecteerd of waaruit water gepompt wordt
-  konstante stijghoogte-grens of -cel, koncen-kontratie stortporiënwater = 0% (verbinding tussen de zeilvijver en de zandwinnings-put naast de stortplaats (= grote zeil-vijver), periode maart 1995 - maart 2000, +29,80)
-  100%
-  vastconstante insijpelingsgrens : 300 mm/j, storrecht-kant van de stortplaats, koncen-decetratie stortporiënwater = 100%, periode december 1963 - maart 2000)
-  0%
-  vastconstante insijpelingsgrens : 300 mm/j, trat vanaf maart 1985 75 mm/j (1ste stuk linker-Kwa zijde van de stortplaats, concentratie 1963 stortporiënwater = 100%, periode september 1972 - maart 2000)
-  vastconstante insijpelingsgrens : 300 mm/j, trat vanaf maart 1985 75 mm/j (2de stuk linker-per zijde van de stortplaats, concentratie 29,6 stortporiënwater = 100%, periode december 1978 - maart 2000)

Fig. 15 - Het ondiep vertikaal model, ingevoerde gegevens en randvoorwaarden.

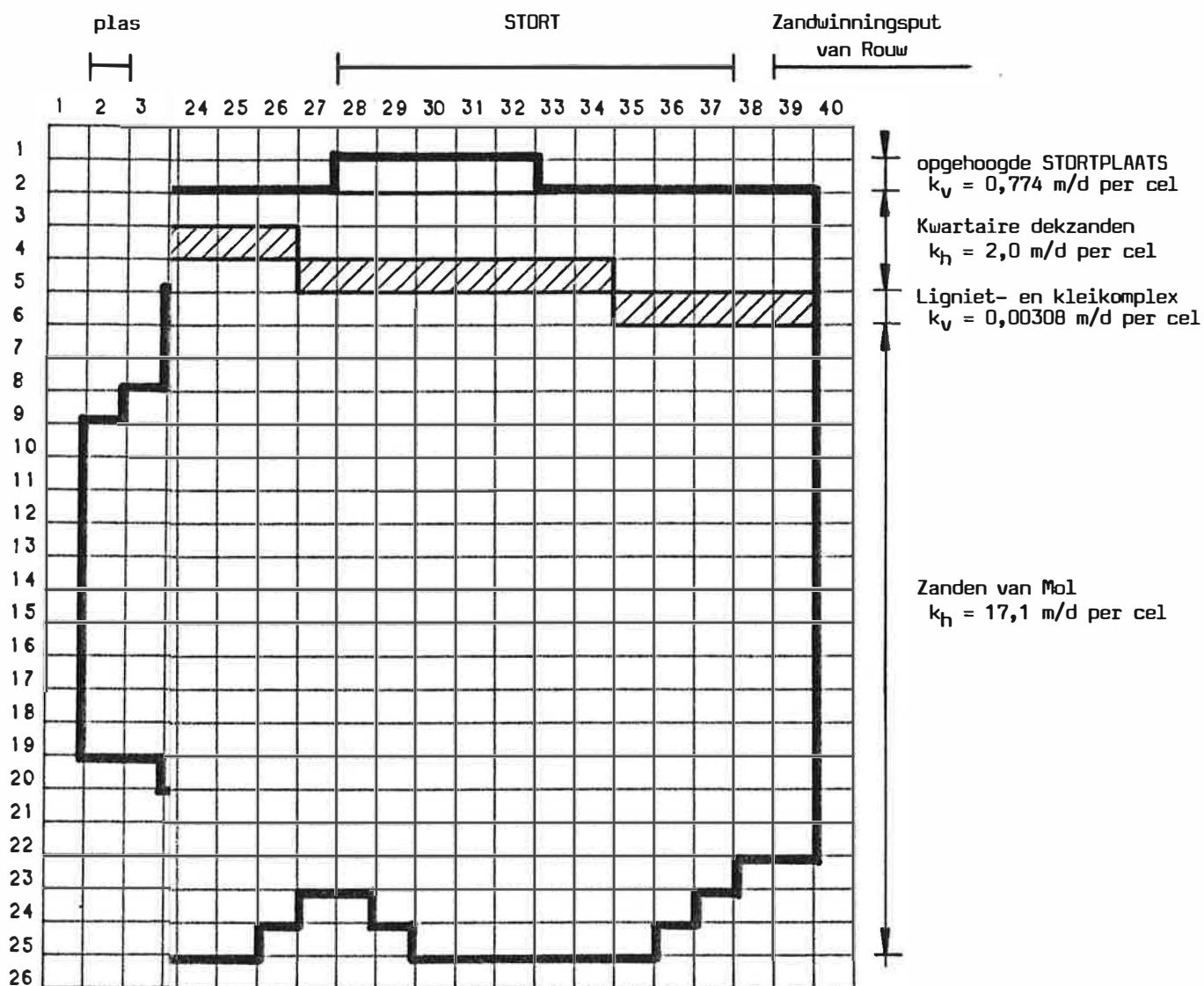


Fig. 16 - Het ondiep vertikaal model, ingevoerde hydraulische parameters.

Tabel 2 : Simulatie van het ondiep vertikaal model, indeling in tijdsperiodes en de bijhorende wijzigingen

Nultoestand	Uitbreiding zandwinningsputten	Uitbreiding stortplaats	Tijdsperiode
plas (ten W kanaal) + 26,50 kanaal Kwaadmechelen- Dessel + 29,70 Zeilvijver + 29,80	dec. 1963 - juni 1981 geen uitbreiding in de verticale doorsnede met irrigatiegracht	dec. 1963 - sept. 1972 rechterdeel van de stortplaats 100% stortporiënwater	1. toestand na 8,75 jaar
		sep. 1972 - dec. 1978 rechterdeel en eerste stuk linkerdeel van de stortplaats 100% stortporiënwater	2. toestand na 15 jaar
		dec. 1978 - juni 1981 rechterdeel en eerste en tweede stuk linker- deel stortplaats 100% stortporiënwater	3. toestand na 17,5 jaar
	juni 1981 - maart 1990 zandwinningsput van Rouw + 33,30 met irrigatiegracht tot maart 1985	juni 1981 - maart 1985 rechterdeel en linkerdeel stortplaats 100% stortporiënwater	4. toestand na 21,25 jaar
		maart 1985 - maart 1990 rechterdeel stortplaats 100% stortporiënwater linkerdeel stortplaats 25% stortporiënwater	5. toestand na 25 jaar (1988) 6. toestand na 26,25 jaar
	maart 1990 - maart 1995 zandwinningsput naast de stortplaats + 29,83	maart 1990 - maart 1995 idem vorige periode	7. toestand na 31,25 jaar
	maart 1995 - maart 2000 verbinding zandwinningsput naast de stortplaats met de zeilvijver = grote zeilvijver + 29,80	maart 1995 - maart 2000 idem vorige periode	8. toestand na 36,25 jaar

van 24 m. De dikte bedraagt 30 m.

De bouw van het grondwaterreservoir is afgeleid uit de resultaten van het tweede deelrapport (hydrogeologische karakterisatie en grondwaterkwaliteit).

De structuur van het netwerk, de ingebracht gegevens en de randvoorwaarden kunnen afgeleid worden uit de figuren 15 en 16. Als anisotropiefactor tussen de verticale en horizontale doorlatendheid werd 0,77 ingevoerd.

De basis van het grondwaterreservoir wordt gevormd door de top van de Zanden van Kasterlee. Dit substraat wordt als ondoorlatend beschouwd.

De verticale stromingen van en naar de Zanden van Kasterlee zijn door middel van pompings in de onderste cellen van het grondwaterreservoir ingevoerd.

De indeling in verschillende tijdsperioden met de daarbij gepaard gaande veranderingen in het model zijn weergegeven in tabel 2.

2.5.4.2. Resultaten van de simulatie.

De resultaten van de simulatie zijn voorgesteld op figuren 17 en 18 (8 tijdsperioden). De overeenstemmende veranderingen per tijdsperiode zijn in tabel 2 aangegeven.

Uit de figuren blijkt dat de verontreiniging zich voornamelijk in de diepte uitbreidt.

In 1982 bereikt de verontreinigingspluim de top van de Zanden van Kasterlee. De uitbreiding van de zandwinningsput naast de stortplaats die in de modeldoorsnede is ingebouwd in 1990 verandert sterk het stromingspatroon; de verontreinigingspluim wordt door de hierdoor ontstane opwaartse stroming omhoog geduwd naar deze put. De verontreiniging die zich

reeds stroomafwaarts van deze put bevindt zal afhankelijk van de stijghoogteconfiguratie ofwel naar de zandwinningsput ofwel naar de zeilvijver bewegen.

Vanaf 1978 blijkt dat reeds een gedeelte van de verontreiniging ($< 5\%$ van de oorspronkelijke concentratie stortporiënwater) in de zeilvijver vloeit.

De invloed van de infiltratiegracht is vóór maart 1985 (voordat deze gracht werd afgesloten) duidelijk merkbaar; de verontreinigingspluim wordt sterk naar beneden gedrukt.

2.5.4.3. Beperkingen van het vertikaal model

De verkregen resultaten geven de meest ongunstige toestand omdat :

- de berekende mengingsgraden betrekking hebben op conservatieve parameters (bv. chloriden) die niet of nauwelijks in aanmerking komen voor reacties (opname, adsorptie, precipitatie, complexvorming...) in de ondergrond.
- bij de simulaties aangenomen wordt dat de volgestorte delen van het terrein kontinu aangevuld worden met 100% stortporiënwater (de linkerzijde van de stortplaats werd vanaf 1985 op 25% genomen wegens de verwezenlijkte afdichting).

In werkelijkheid zullen ten gevolge van uitloging met de tijd minder stoffen in oplossing gaan waardoor het door het stort sijpelend water niet meer kan gelijkgesteld worden aan 100% stortporiënwater. Daar er geen kwantitatieve gegevens over deze concentratie-evolutie beschikbaar zijn werd dit gegeven niet in het model ingebouwd.

Legende bij het ondiep en diep vertikaal model (figuren 12,13,14,17 en 18)

————— 50 ————— lijn van gelijke mengingsgraad (in % stortporiënwater)

————— 30,0 ————— lijn van gelijke stijghoogte (in m TAW)

—————> snelheidsvektor (tijdsduurfaktor = 0,5 jaar)

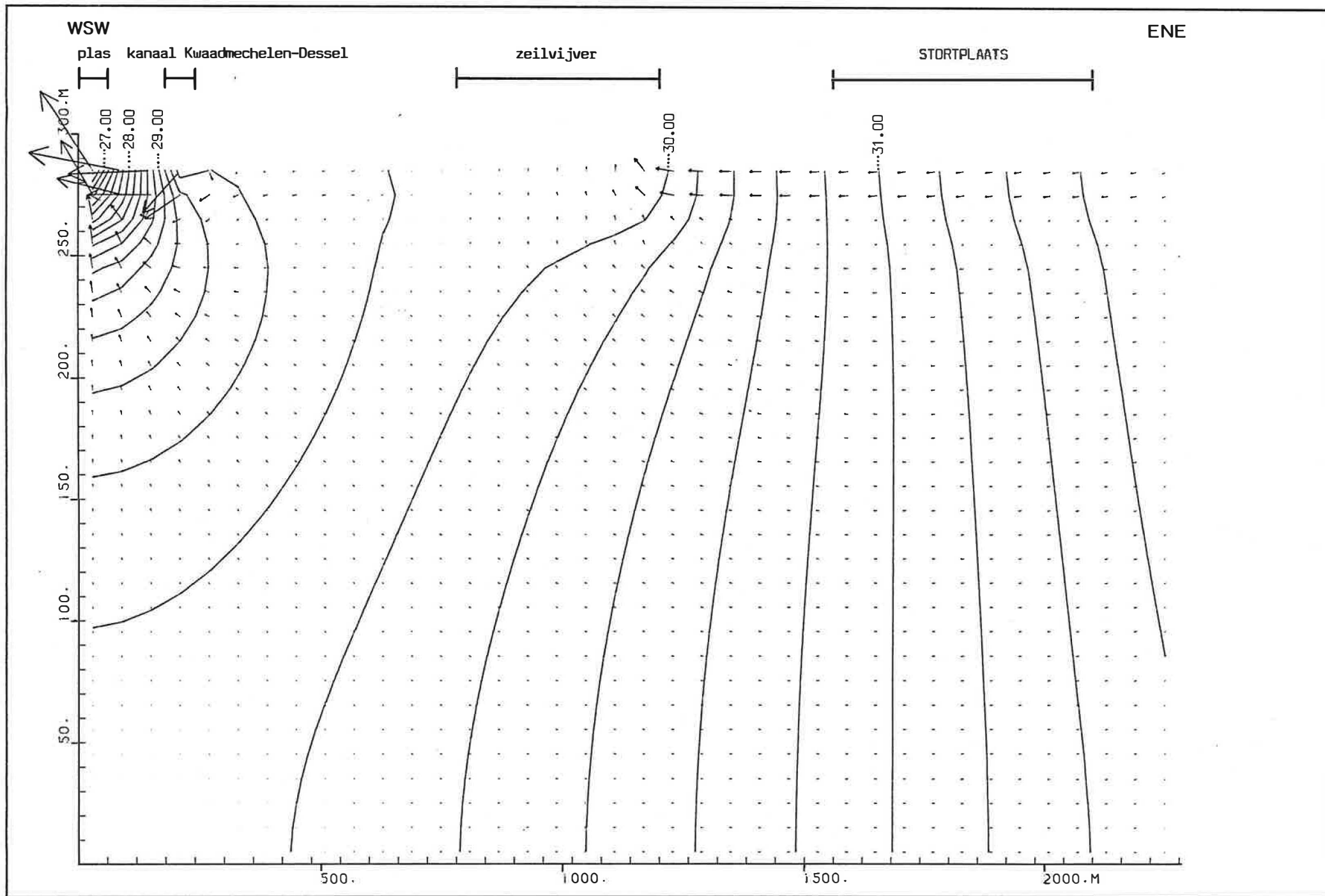


Fig. 12 - Het diep vertikaal model, periode december 1963 - juni 1981.

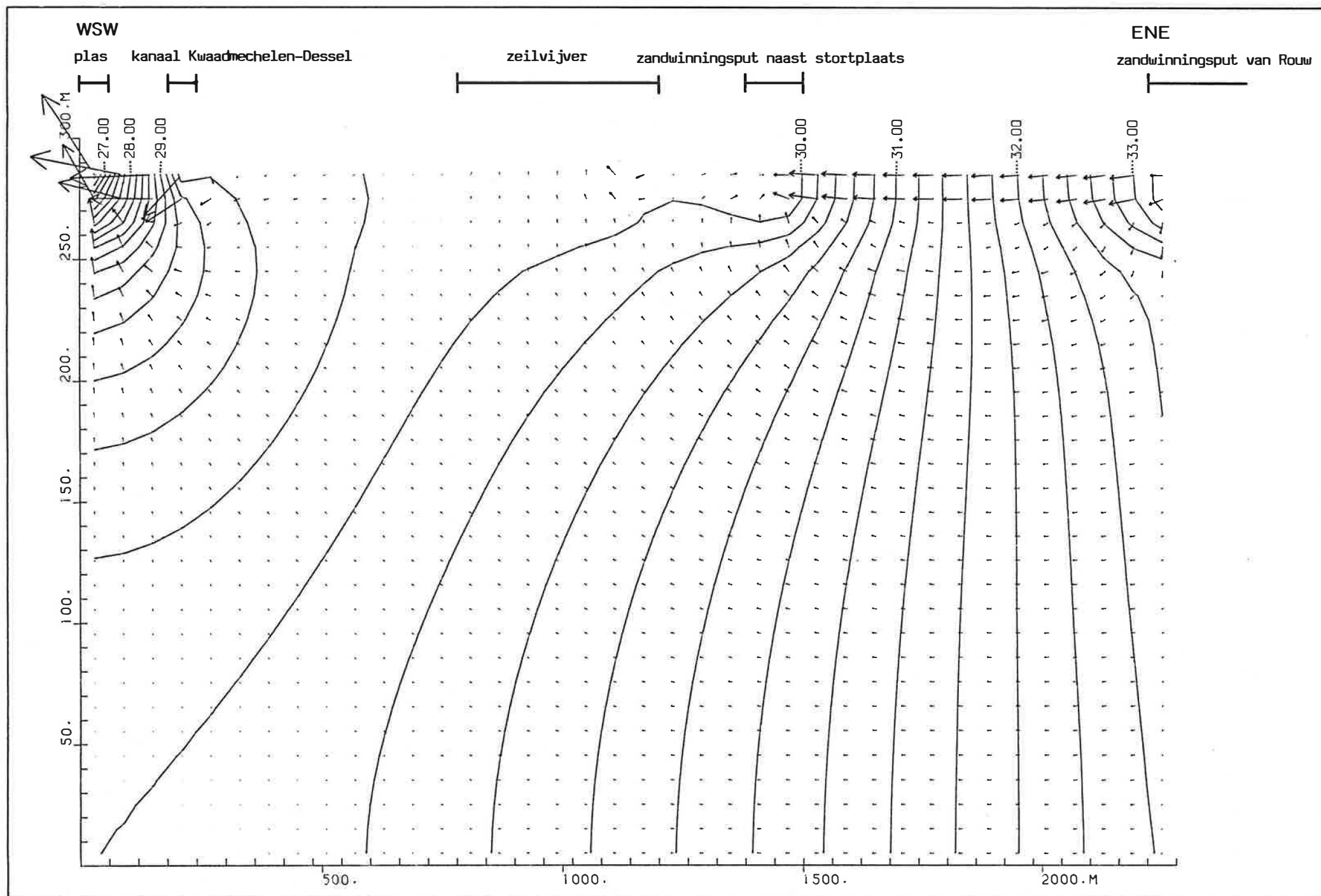


Fig. 13 - Het diep vertikaal model, periode maart 1990 - maart 1995.

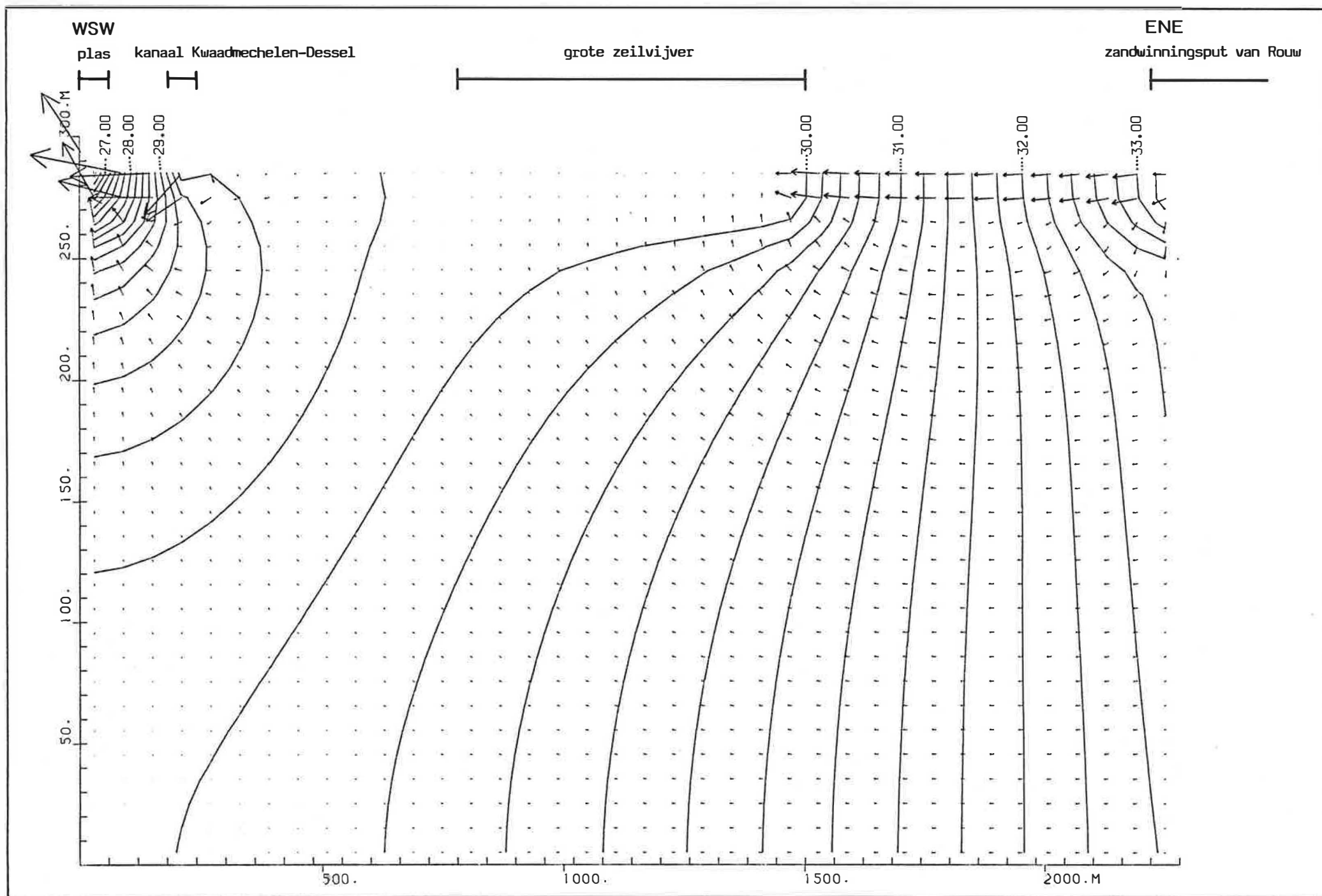


Fig. 14 - Het diep vertikaal model, periode maart 1995 - maart 2000.

de cel of :

$$Q(\text{m}^3/\text{dag}) = \frac{\Delta F(\text{m})}{c(\text{dagen})} * \text{oppervlakte}(\text{m}^2)$$

Deze waterhoeveelheden worden als winningen en injecties in het ondiep vertikaal model ingebracht in de onderste cel van iedere kolom van het reservoir.

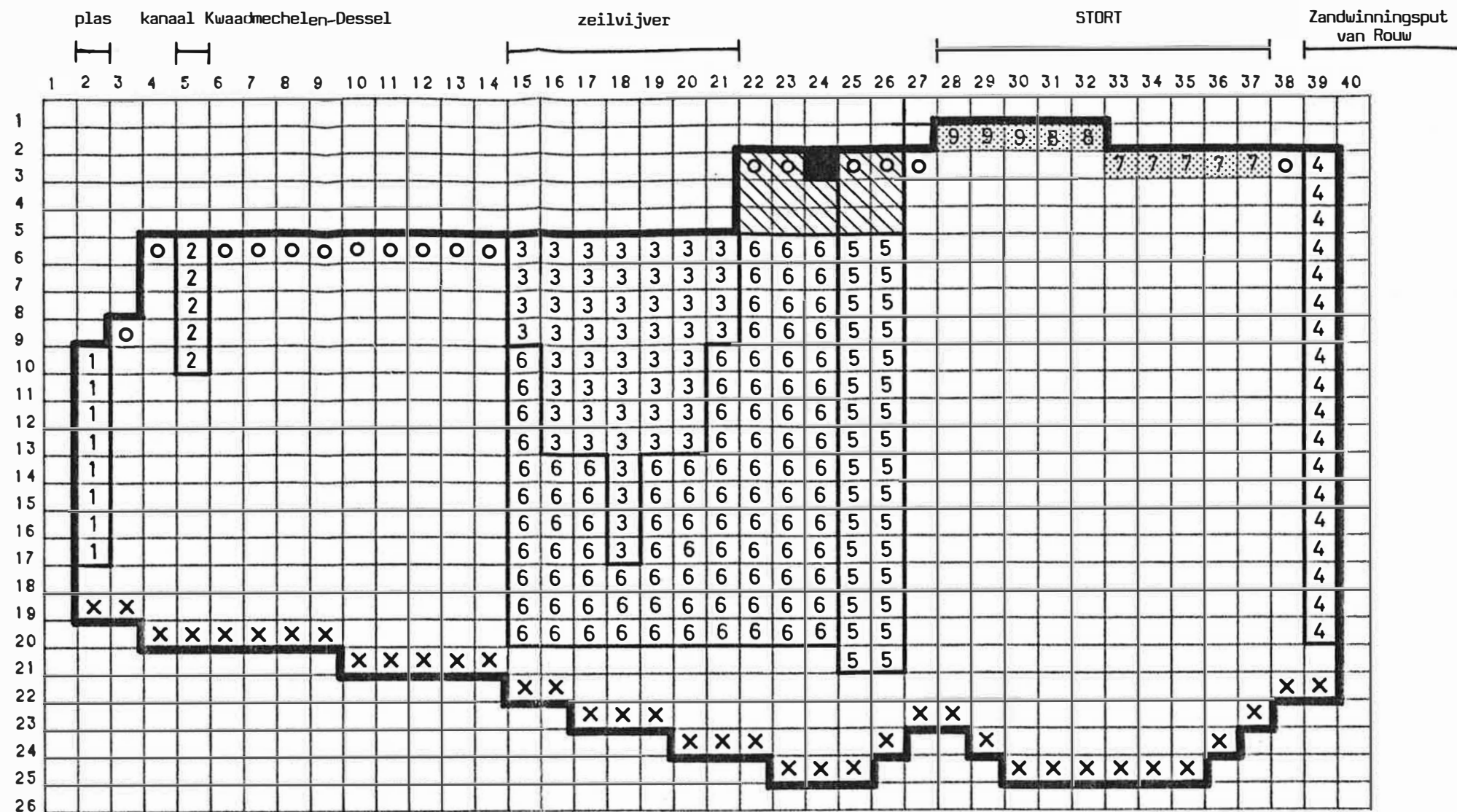
In de eerste simulatie voor de periode december 1963 - juni 1981 werden aan de oostrand van het model vaste stijghoogten ingevoerd met een neerwaartse gradiënt van 0,001. Deze is geschat aan de hand van de waarnemingen in 1978 in het kader van de studie "Hydrogeologische studie van het plassengebied van Mol" (1978, CNUUDE, J.P.).

Voor de periode juni 1981 - maart 1990 werd rekening gehouden met een verhoging van de stijghoogte in de Zanden van Mol te wijten aan de uitbreiding van de zandwinningsput van Rouw. De berekening van de verticale debieten is voor deze periode gesteund op de stijghoogte waarnemingen van augustus tot oktober 1987 en gebeurde volgens de methode van Edelman. Uit de aldus bekomen debieten werd de neerwaartse gradiënt berekend nodig om deze verticale stromingen in stand te houden. Hierdoor is er tussen de Zanden van Mol en de Zanden van Kasterlee een stijghoogteverschil van ca. 0,8 m aanwezig. In de dieper gelegen lagen werd de neerwaartse gradiënt van 0,001 aangehouden. Met deze randvoorwaarden werden de verticale debieten berekend voor de simulatie van de periodes maart 1990 - maart 1995 en maart 1995 - maart 2000.

2.5.4. Het ondiep vertikaal model

2.5.4.1. Ingevoerde gegevens - randvoorwaarden

Het eindig-verschilnetwerk bestaat uit 40 x 26 cellen met maasafmetingen van 60 m in de x-richting en 1 m in de y-richting. De verticale doorsnede heeft aldus een lengte van 2280 m (de buitenste cellen worden niet meegeteld) en een hoogte



LEGENDE

— ondoorlatende grens

■ vaste stijghoogtegrens, concentratie stortporiënwater = 0% (irrigatiegracht, periode december 1963 - maart 1985, +32,00)

○ konstante insijpelingsgrens : 300 mm/j, concentratie stortporiënwater = 0%

1 vaste stijghoogtegrens, concentratie stortporiënwater = 0% (plas, periode december 1963 - maart 2000, +26,50)

2 vaste stijghoogte-grens of -cel, concentratie stortporiënwater = 0% (kanaal Kwaadmechelen-Dessel, periode december 1963 - maart 2000, +29,70)

3 vaste stijghoogte-grens of -cel, concentratie stortporiënwater = 0% (zeilvijver, periode december 1963 - maart 1995, +29,80)

4 vaste stijghoogtegrens, concentratie stortporiënwater = 0% (zandwinningsput van Rouw, periode juni 1981 - maart 2000, +33,30)

5 vaste stijghoogte-grens of -cel, concentratie stortporiënwater = 0% (zandwinningsput naast de stortplaats, periode maart 1990 - maart 1995, +29,83)

6 vaste stijghoogte-grens of -cel, concentratie stortporiënwater = 0% (verbinding tussen de zeilvijver en de zandwinningsput naast de stortplaats (= grote zeilvijver), periode maart 1995 - maart 2000, +29,80)

7 konstante insijpelingsgrens : 300 mm/j, (rechterkant van de stortplaats, concentratie stortporiënwater = 100%, periode december 1963 - maart 2000)

8 konstante insijpelingsgrens : 300 mm/j, vanaf maart 1985 75 mm/j (1ste stuk linkerzijde van de stortplaats, concentratie stortporiënwater = 100%, periode september 1972 - maart 2000)

9 konstante insijpelingsgrens : 300 mm/j, vanaf maart 1985 75 mm/j (2de stuk linkerzijde van de stortplaats, concentratie stortporiënwater = 100%, periode december 1978 - maart 2000)

■ cellen die vanaf maart 1990 (1ste stuk boven 5) of maart 1995 (2de stuk boven 6) uit het model gebracht worden

× cel waarin water geïnjecteerd of waaruit water gepompt wordt

aanvangskoncentratie stortporiënwater

■ 100%

□ 0%

Fig. 15 - Het ondiep vertikaal model, ingevoerde gegevens en randvoorwaarden.

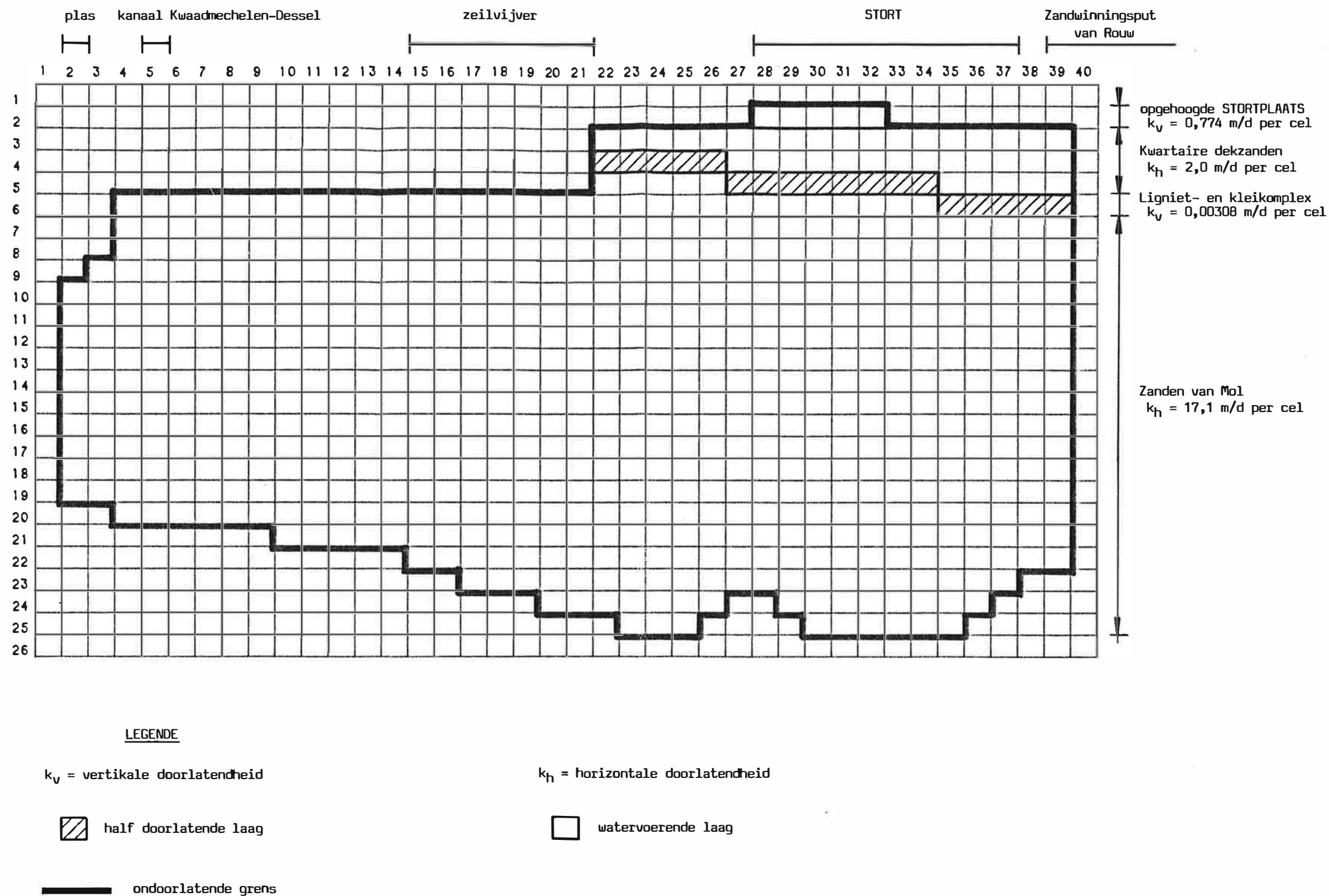


Fig. 16 - Het ondiep vertikaal model, ingevoerde hydraulische parameters.

Tabel 2 : Simulatie van het ondiep vertikaal model, indeling in tijdsperiodes en de bijhorende wijzigingen

Multistoestand	Uitbreiding zandwinningsputten	Uitbreiding stortplaats	Tijdsperiode
plas (ten W kanaal) + 26,50 kanaal Kwadmechelen- Dessel + 29,70 Zeilvijver + 29,80	dec. 1963 - juni 1981 geen uitbreiding in de verticale doorsnede met irrigatiegracht	dec. 1963 - sept. 1972 rechterdeel van de stortplaats 100% stortporiënwater	1. toestand na 8,75 jaar
		sep. 1972 - dec. 1978 rechterdeel en eerste stuk linkerdeel van de stortplaats 100% stortporiënwater	2. toestand na 15 jaar
		dec. 1978 - juni 1981 rechterdeel en eerste en tweede stuk linker- deel stortplaats 100% stortporiënwater	3. toestand na 17,5 jaar
	juni 1981 - maart 1990 zandwinningsput van Rouw + 33,30 met irrigatiegracht tot maart 1985	juni 1981 - maart 1985 rechterdeel en linkerdeel stortplaats 100% stortporiënwater	4. toestand na 21,25 jaar
		maart 1985 - maart 1990 rechterdeel stortplaats 100% stortporiënwater linkerdeel stortplaats 25% stortporiënwater	5. toestand na 25 jaar (1988) 6. toestand na 26,25 jaar
	maart 1990 - maart 1995 zandwinningsput naast de stortplaats + 29,83	maart 1990 - maart 1995 idem vorige periode	7. toestand na 31,25 jaar
	maart 1995 - maart 2000 verbinding zandwinningsput naast de stortplaats met de zeilvijver = grote zeilvijver + 29,80	maart 1995 - maart 2000 idem vorige periode	8. toestand na 36,25 jaar

van 24 m. De dikte bedraagt 30 m.

De bouw van het grondwaterreservoir is afgeleid uit de resultaten van het tweede deelrapport (hydrogeologische karakterisatie en grondwaterkwaliteit).

De structuur van het netwerk, de ingebracht gegevens en de randvoorwaarden kunnen afgeleid worden uit de figuren 15 en 16. Als anisotropiefactor tussen de verticale en horizontale doorlatendheid werd 0,77 ingevoerd.

De basis van het grondwaterreservoir wordt gevormd door de top van de Zanden van Kasterlee. Dit substraat wordt als ondoorlatend beschouwd.

De verticale stromingen van en naar de Zanden van Kasterlee zijn door middel van pompings in de onderste cellen van het grondwaterreservoir ingevoerd.

De indeling in verschillende tijdsperioden met de daarbij gepaard gaande veranderingen in het model zijn weergegeven in tabel 2.

2.5.4.2. Resultaten van de simulatie.

De resultaten van de simulatie zijn voorgesteld op figuren 17 en 18 (8 tijdsperioden). De overeenstemmende veranderingen per tijdsperiode zijn in tabel 2 aangegeven.

Uit de figuren blijkt dat de verontreiniging zich voornamelijk in de diepte uitbreidt.

In 1982 bereikt de verontreinigingspluim de top van de Zanden van Kasterlee. De uitbreiding van de zandwinningsput naast de stortplaats die in de modeldoorsnede is ingebouwd in 1990 verandert sterk het stromingspatroon; de verontreinigingspluim wordt door de hierdoor ontstane opwaartse stroming omhoog geduwd naar deze put. De verontreiniging die zich

reeds stroomafwaarts van deze put bevindt zal afhankelijk van de stijghoogteconfiguratie ofwel naar de zandwinningsput ofwel naar de zeilvijver bewegen.

Vanaf 1978 blijkt dat reeds een gedeelte van de verontreiniging ($< 5\%$ van de oorspronkelijke concentratie stortporiënwater) in de zeilvijver vloeit.

De invloed van de infiltratiegracht is vóór maart 1985 (voordat deze gracht werd afgesloten) duidelijk merkbaar; de verontreinigingspluim wordt sterk naar beneden gedrukt.

2.5.4.3. Beperkingen van het vertikaal model

De verkregen resultaten geven de meest ongunstige toestand omdat :

- de berekende mengingsgraden betrekking hebben op conservatieve parameters (bv. chloriden) die niet of nauwelijks in aanmerking komen voor reacties (opname, adsorptie, precipitatie, complexvorming...) in de ondergrond.
- bij de simulaties aangenomen wordt dat de volgestorte delen van het terrein continu aangevuld worden met 100% stortporiënwater (de linkerzijde van de stortplaats werd vanaf 1985 op 25% genomen wegens de verwezenlijkte afdichting).

In werkelijkheid zullen ten gevolge van uitloging met de tijd minder stoffen in oplossing gaan waardoor het door het stort sijpelend water niet meer kan gelijkgesteld worden aan 100% stortporiënwater. Daar er geen kwantitatieve gegevens over deze concentratie-evolutie beschikbaar zijn werd dit gegeven niet in het model ingebouwd.

2.5.4.4. Benaderende berekening van de hoeveelheid verontreiniging die tot op heden (september 1987) in de zeilvijver is gestroomd.

De verontreiniging die in de zeilvijver instroomt werd per tijdstap van 1,25 jaar benaderend berekend. Hierbij gaat men ervan uit dat de verontreiniging bestaat uit een fysico-chemische inerte stof (konservatieve parameter - zie 2.5.4.3.)

Vanaf maart 1970 als de eerste verontreiniging de zeilvijver bereikt tot in september 1987 zou ca. 4.630 kg droge stof doorheen de verticale doorsnede (30 m breed) in de zeilvijver zijn gestroomd.

Neemt men aan dat het volume van de zeilvijver 961.800 m³ bedraagt (oppervlakte = 16,03 ha en gemiddelde diepte = 6 m) dan kan men, rekening houdend met de gemiddelde breedte van het verontreinigingsfront over de totale periode 1963-1987 (uit het horizontaal model, ca. 250 m) de totale ingestroomde verontreiniging berekenen (anno 1987).

Totale ingestroomde verontreiniging :

$$4630 \text{ kg} \times \frac{250 \text{ m}}{30 \text{ m}} = 38.600 \text{ kg}$$

neemt men aan dat deze verontreiniging zich volledig homogeniseert dan leidt dit tot een concentratie-verhoging van het water in de zeilvijver van :

$$\frac{38.600 \times 10^3 \text{ g}}{961.800 \times 10^3 \text{ l}} = 0,040 \text{ g/l of } 40 \text{ mg/l}$$

3. BESLUIT

Met behulp van een tweedimensioneel mathematisch model werd het grondwaterstromingspatroon en de evolutie van de globale grondwaterkwaliteit in een horizontale en een verticale doorsnede in de omgeving van de gemeentelijke stortplaats gesimuleerd.

Gezien de beperkingen van het model, de vereenvoudigingen bij enkele ingevoerde gegevens en het kleine aantal veldwaarnemingen dienen de resultaten van het model (echter vooral vanuit kwantitatief oogpunt) met de nodige omzichtigheid te worden geïnterpreteerd.

Met het horizontaal model werd bepaald in welke richting de verontreiniging zich verplaatst.

Het blijkt dat in de zeilvijver voornamelijk verontreiniging zal vloeien afkomstig van de zuidelijke helft van de stortplaats. Tevens zal de verdere uitbating van de zandwinningsput naast de stortplaats voor gevolg hebben dat alle verontreiniging hieruit in deze put zal terechtkomen.

Het vertikaal model verschaft inzicht in de verticale stromingen en de evolutie van de verontreinigingspluim.

Het blijkt dat de verontreiniging zich voornamelijk in de diepte verspreidt tot omstreeks 1990, als door uitbreiding van de zandwinningsput naast de stortplaats het stromingspatroon sterk gewijzigd wordt. Door de ontstane opwaartse stroming wordt de verontreinigingspluim naar omhoog geduwd in deze zandwinningsput. De verontreiniging die zich reeds stroomafwaarts van deze put bevindt zal afhankelijk van de stijghoogtekonfiguratie ofwel naar de zandwinningsput ofwel naar de zeilvijver bewegen.

Reeds vanaf 1978 zou een gedeelte van de verontreiniging in de zeilvijver vloeien.

Een eventuele uitbreiding van de zandwinningsput ten zuiden en ten westen van de stortplaats heeft voor gevolg dat de grootste hoeveelheid van de verontreiniging in deze put zal vloeien.

Rekening houdend met de resultaten van deze studie is het aangewezen om zowel de grondwaterkwaliteit als de kwaliteit van het water van de zeilvijver langs de noordoostelijke kant van de zeilvijver verder te onderzoeken en enkele waarnemingsputten bij te plaatsen.

REFERENTIES

- DE BREUCK, W., CNUDDÉ, J.P. (1978). Hydrogeologische studie van het plassen gebied van Mol. 36 p., tekst + bijlagen, Rijksuniversiteit Gent, Leerstoel voor Toegepaste Geologie, TGO 78.1.
- KONIKOW, L.F. en J.D. BREDEHOEFT (1978). Computermodel of two-dimensional solute transport and dispersion in groundwater. U.S. Geol. Survey Techniques of Water-Resources Investigations. Book 7, Chap. C 2, 90 pp.